

Fortschritte der
Geologie und Palaeontologie
herausgegeben
von **Professor Dr. W. Soergel**, Tübingen

Heft 4

Angewandte Geologie und Paläontologie der Flachseegesteine und das Erzlager von Salzgitter

von

Dr. **Johannes Weigelt**
Privatdozenten für Geologie und Palaeontologie an der Universität Halle (Saale)

Mit 74 Figuren

Berlin
Verlag von Gebrüder Borntraeger
W 35 Schöneberger Ufer 12 a
1923

Druck von E. Buchbinder (H. Duske), Neuruppin

Made in Germany

Inhalt

Angewandte Geologie und Paläontologie der Flachseegesteine und das Erzlager von Salzgitter

von

Johannes Weigelt, Halle (Saale)

Einleitung

Die Meeresablagerungen, die dem Geologen zur Untersuchung vorliegen, sind zum größten Teil echte Flachseeabsätze, gebildet in mehr oder minder seichten Überflutungen des kontinentalen Sockels. Sie finden sich in breiten Zonen, in den Regionen, wo die Ausmaße der Überflutungen Schwankungen unterlagen. Die Meeresküsten, die wir zu rekonstruieren imstande sind, sind dementsprechend breite Säume; und so große zeitliche Unterschiede zwischen den Flachseesedimenten bestehen können, so herrschen doch außerordentlich einheitliche Verhältnisse und Gesetzmäßigkeiten des Aufbaues, die eng mit ihrer Entstehung verknüpft sind, und die vor allen Dingen den eigenartigen Entmischungsprozessen und natürlichen Aufbereitungsvorgängen ihr Dasein verdanken. Vom Standpunkt der reinen Stratigraphie und vom Standpunkt der Aufstellung faunistischer Gliederungen ist man diesen Gesetzmäßigkeiten bisher nur sporadisch und unvollkommen nachgegangen; aber es hat sich immerhin die erfreuliche Erkenntnis Bahn gebrochen, daß man ohne genaue Kenntnis der Verhältnisse der rezenten Flachsee fossile Meeresablagerungen nicht befriedigend deuten und beschreiben kann.

Die vorliegende Abhandlung soll sich nun möglichst eingehend mit der angewandten Paläontologie und Geologie der Flachseegesteine beschäftigen, wobei die Bildungsbedingungen und die Ablagerungsgesetzmäßigkeiten unter eingehender Würdigung der Verhältnisse an der Nordsee und Ostsee behandelt werden sollen.

Wir wollen die allgemeinen Erörterungen über die Bildungsbedingungen und die Ablagerungsgesetzmäßigkeiten der Flachseegesteine aber nicht ganz abstrakt erörtern, sondern eng verzahnen mit der praktischen Anwendung auf ein Trümmergestein, das wegen

seiner wirtschaftlichen Bedeutung und wegen der Notwendigkeit wirtschaftlicher Umstellungen akutes öffentliches Interesse besitzt, nämlich auf die Erzlagerstätte von Salzgitter, an deren Erforschung in den letzten Jahren wieder eine ganze Anzahl ausgezeichneter Theoretiker und Praktiker tätig war. Durch eine spätere Bedeckung verschleiert, durch bald auf die Ablagerung folgende Abtragungsvorgänge räumlich unterbrochen, durch jugendliche Erosion angegriffen, durch unruhige Konfiguration des Bildungsraumes a priori ausgezeichnet und durch mehrfache tektonische Ereignisse beeinflußt, handelt es sich gleichzeitig, außer der praktischen Verwendbarkeit, um einen besonders gut aufgeschlossenen wichtigen Typus eines Flachseegesteins, dessen Erforschung rein wissenschaftlichen Charakter annimmt, sobald man ohne Rücksicht auf den Lagerstättencharakter dieser Ablagerungseinheit vorgeht. Es handelt sich also um einen Spezialfall beim Studium solcher marinen Trümmergesteine; und es hat sich gerade bei seiner Erforschung von hohem wirtschaftlichem Werte erwiesen, wenn man nicht rein lagerstättenkundlich, sondern mit allen Mitteln, die der beschreibenden Naturwissenschaft überhaupt zur Verfügung stehen, diese Gesteine untersucht. Mag es sich nun um die Feststellung der ehemaligen Umgrenzung, um die Ermittlung der Anordnung der fraglichen Schichten zum Meeresspiegel während der Bildungszeit oder in der Jetztzeit handeln, mag man Lagerstättenteile ausfindig machen wollen, deren Basizitätsgehalt günstiger ist, oder will man feinkörnige oder grobkörnige Erze aufsuchen und das Mächtigkeitsoptimum feststellen, immer wird sich empfehlen, über den Horizont des Spezialfalles hinaus alles zu Rate zu ziehen, was man über die Bildungsumstände und die dabei in Erscheinung tretenden Gesetzmäßigkeiten der Flachseegesteine überhaupt ermitteln kann. Der Verfasser baut auf der breiten Basis auf, die sein hochverdienter Lehrer Johannes Walther für solche Studien und Untersuchungen geschaffen hat. Er hat, von diesem sicheren Boden ausgehend, bereits in einer ganzen Reihe von Arbeiten den Grundgedanken der Gesetzmäßigkeiten natürlicher Aufbereitungsvorgänge, die auch für morphologische Forschungen weitgehend benutzt werden können, betont; besonders aber wurde hingewiesen auf die große Bedeutung des Energiegefälles von Ebbe und Flut für den Aufbau küstennaher Ablagerungen und auf die Bedeutung von Windstau und Windebbe für die Bildungsbedingungen solcher Gesteine.

Die in Frage kommende Literatur ist außerordentlich umfangreich. Ihre ausführliche Wiedergabe erübrigt sich aber um so mehr, als die neueren Richtungen der Geologie und Paläontologie bei der Behandlung derartiger erdgeschichtlicher Probleme durch drei ausgezeichnete und umfangreiche Werke in den letzten Jahren behandelt worden sind. Es ist ein ganz besonderes Verdienst, daß der für unsere Wissenschaft so überaus tätige Verlag Borntraeger diese drei Werke, deren Inhalt ich hier voraussetzen darf, der Öffentlichkeit übergeben hat. Das Fundament ist die „Allgemeine Paläontologie“ von Johannes Walther, das zweite „Die Geologie des Meeresbodens“ von Karl André und das dritte „Vergleichende biologische Formenkunde der fossilen niederen Tiere“ von Edgar Dacqué. Man ist heute erfreulicherweise so weit, daß man eine Lagerstätte bei ihrer Erforschung nicht mehr aus dem Zusammenhang reißt, sondern sie in ihrer organischen Verzahnung mit allen erdgeschichtlichen Ereignissen, die ihrer Bildung vorausgingen, die ihre Entstehung zeitigten, und die sie später beeinflußten, behandelt; und wenn aber in dieser Weise die aussichtsreichen Hilfsmittel rein theoretischer Forschung der Anwendung auf solche praktische Gegenstände dienstbar gemacht werden, so ergibt sich andererseits bei der praktischen Betätigung von geologischer Seite die Pflicht und Notwendigkeit, alle die bei der Untersuchungsarbeit, bei den ausgiebigen Schurfanlagen, bei tiefreichenden Bohrungen, bei der Anlage von Versuchsbergbauen und Bergwerksanlagen rein theoretisch und abstrakt wissenschaftlich wichtigen Tatsachen und Beobachtungen der Forschung zu erhalten und zugänglich zu machen. Die wirtschaftlich wichtigen Gesteinskörper der Erdrinde erfordern die volle Aufmerksamkeit des Geologen, nicht nur ihres praktischen Wertes wegen, sondern sie müssen ihn auch darum besonders beschäftigen, weil sie bei ihrer Bedeutung für die menschliche Wirtschaft in einem Maße aufgeschlossen und der Untersuchung zugänglich gemacht werden, wie es sonst mit geologischen Gebilden niemals der Fall ist. Wir wählen also zum Ausgangspunkt unserer Erörterung das Erzlager von Salzgitter, wo die Voraussetzungen in hohem Maße vorhanden sind. Wir gehen aus von den paläogeographischen Voraussetzungen der Entstehung dieses Gebildes, wenden uns dann zu den Gesetzmäßigkeiten, die den Aufbau von Flachseegesteinen beherrschen, und wenden die dabei gefundenen Resultate an.

Bei Behandlung des Stoffes lege ich weniger Wert auf eine systematisch-theoretische Vollständigkeit als auf die Herausarbeitung besonders wichtiger Grundsätze an der Hand leicht übersehbarer Beispiele, deren methodische Verallgemeinerungsmöglichkeit wichtiger ist als ihr sachlicher Inhalt.

An ausgezeichneten einschlägigen Beobachtungen und Einzelangaben ist in der Literatur kein Mangel, und ich bedaure, daß mir nicht der Platz zur Verfügung steht, die Verdienste der zahlreichen hier in Frage kommenden Forscher einzeln aufzuzählen, hier sei nur Deecke genannt. Eine ganze Reihe Tatsachen, die weiterhin in Frage kommen, sind von seiten der Geographen, der Hydrobiologen und der Ozeanographen behandelt worden, und im Erfahrungsmaterial dieser und anderer Disziplinen ist noch manches enthalten, das von der Geologie noch nicht nutzbringend assimiliert und angewandt worden ist, das aber fertig vorliegt. Zur Erforschung mariner Gesteine gehört die Kenntnis des heutigen Meeres, und die kann nur durch eigene Anschauung erworben werden. Die Einführung für den Geologen zu erleichtern, ist der Zweck dieser Arbeit.

Die Bedeutung der allgemeinen Paläontologie hat Johannes Walther kennen gelehrt. Ihre Fragestellungen werden zu Problemen der angewandten Paläontologie, wenn die biologischen Erwägungen, wenn die Erforschung der Art der Verteilung der Organismen nicht Selbstzweck ist, sondern praktischen und wirtschaftlichen Zielen dient. Hier gibt es Dinge und Erscheinungen, die für den praktischen Bergmann wichtiger sind, und die den technisch Denkenden und Ausgebildeten leichter in die Gedankengänge einführen als sytematisch zoologische Daten und detaillierte Artenkenntnis. So wichtig letzteres auch ist, die dazu erforderliche langjährige Ausbildung und Veranlagung steht nicht jedem zu Gebote, und trotzdem kann jeder, auch wenn es ihm versagt ist, systematisch paläontologisch arbeiten zu können, der Wissenschaft wichtige Dienste leisten. Er braucht noch nicht einmal darauf auszugehen, sich tadelloser Sammlungsexemplare zu bemächtigen; er braucht sich nur ernsthaft zu bemühen, den streng gesetzmäßigen, freilich oft schwer erkennbaren Normen der Einschaltung in den kleinsten Elementen der Schichtenserie nachzugehen. Wir stehen da am Anfang eines außerordentlich dankbaren, aber viel zu wenig in Angriff genommenen Forschungsgebiets, das seine Jünger reich belohnt.

Bei der Behandlung stratigraphischer, morphologischer, aufbereitungstechnischer und paläographischer Fragen wird man sich des vorgeschlagenen Weges mit Erfolg bedienen können. Dafür liegen die Belege bereits vor.

Ich habe als Schüler von Johannes Walther bereits in einer Reihe von Arbeiten die Gesetzmäßigkeiten der natürlichen Aufbereitung der Flachseeprofile und geologischer Profile überhaupt herangezogen. Diese Arbeiten sind zum Teil an ziemlich entlegener Stelle erschienen, manche gänzlich vergriffen, andererseits inhaltlich von anderer Seite mehr oder minder unvollständig aufgenommen. Man kann nicht alles nach einer Gruppe von Gesetzmäßigkeiten erklären, aber die negative Feststellung des Fehlens solcher Anordnungen für eine Gesteinsserie ist ebenso wichtig für ihre Beurteilung wie ihr Vorhandensein, und ein aussichtsvolles aber vernachlässigtes Prinzip muß einmal prägnant mit bewußter Einseitigkeit hervorgehoben werden. Aus diesen Erwägungen heraus ist die „angewandte Geologie und Paläontologie der Flachseegesteine“ entstanden.

I. Ebbe und Flut, Fauna und Sediment

Es besteht wohl kein Zweifel darüber, daß es an den Meeren der geologischen Vergangenheit hier und da flache, verlandende, zeitweilig sinkende Küsten gab, an denen die Wirkung der Ebbe und Flut voll zur Geltung kam. Strandnahe Meeresabsätze aus ferner Vergangenheit kennen wir trotz der Ungunst ihrer Erhaltungsmöglichkeit in großer Zahl. Aber ungewiß und wenig untersucht sind dabei noch immer die Kriterien und Kennzeichen dafür, ob sie etwa unter dem Einfluß von Ebbe und Flut zum Absatz kamen, wie es ja bei interkontinentalen Nebenmeeren meistens nicht der Fall ist. Es scheint, als wollten alle Hilfsmittel versagen, und die Frage steht gegenwärtig noch immer so, daß man vielfach die Möglichkeit des Nachweises überhaupt rundweg in Zweifel zieht. Man kann sich zunächst einmal auf zoologisch-paläontologische Beweismittel beschränken, also auf das, was wir aus den geologisch erhaltungsfähigen Hartgebilden der Meeresorganismen und ihrer Verteilung in den Absätzen der Gegenwart entnehmen können. Die von uns aufgeworfene Frage gliedert sich also scharf in zwei Teilprobleme:

1. Findet die Einschaltung der erhaltungsfähigen Molluskenreste als Spezialfall von mechanisch beigemengten gröberen Komponenten in den Küstensedimenten nach bestimmten, nur noch nicht beschriebenen oder nicht scharf genug erkannten Gesetzmäßigkeiten statt? Gibt es in geologischer Vergangenheit Sedimente, wo die Einschaltung der Organismenreste nach den gleichen Gesetzmäßigkeiten stattgefunden hat?

2. Bietet etwa der materielle zoologisch-morphologische Befund gewisser erhaltungsfähiger Molluskenschalen irgend welche Anzeichen dafür, daß die Hartgebilde beim Wachstum in irgend einer Weise auf die Wirkung von Ebbe und Flut spezifisch erkennbar reagierten? Auch in diesem Falle wäre der Nachweis für die Bildung der einschließenden Sedimente im Bereich von Ebbe und Flut gesichert. Die Frage ist nur, ob es solche von exogenen Kräften verursachte Variabilitätserscheinungen gibt, und die Gegenfrage: kommt die gleiche Erscheinung auch in geologischer Vergangenheit vor?

Wählt man einen günstigen Beobachtungspunkt an einer verlandenden Küste, deren es freilich viele meist mehr oder minder schlecht erreichbare gibt (auf den ostfriesischen Inseln wird man oft vergeblich darnach suchen), z. B. den diluvialen Inselkern der nordfriesischen Insel Amrum; steigt man von diesem herunter auf den ihrem Nordteil östlich angeschmiegten Marschenstreifen und seinen tischebenen Wiesenboden, so sieht man mit einem Male, daß das von silbergrauem Strandbeifuß bewachsene Ende der Fläche mit etwa meterhoher steiler Stufe zum Wattstrand abfällt (vgl. Taf. X, Fig. 2). Buchtig zerlappt ist die Kante, den Wellenknoten und -bäuchen bei hohem Wasserstand entsprechend; große und kleine, frische und halb aufgelöste, manchmal noch Vegetation tragende Brocken liegen auf dem Watt zerstreut und nehmen seewärts an Schärfe des Umrisses und an Größe ab, besitzen aber trotzdem Gerölloberflächen, obwohl sie aus plastisch weichem Material bestehen. Sie zeugen von dem unerbittlichen Nagen und Unterspülen der Gezeiten, der Springfluten und der Stürme des Herbstes und Winters. Solche Tongerölle sind Indikatoren von Stürmen, die ihr Muttergestein angriffen. Überwinden wir noch diese letzte Stufe, die uns vom Watt trennt, und betrachten wir aufmerksam die angeschnittene Profilwand, so sehen wir einen kaum geschichteten, fast organismenfreien Schlick; denn von den Hunderttausenden kieselschaliger Wattdiatomeen, die oft in einem

einzigen Kubikzentimeter stecken, können wir nichts wahrnehmen. Manchmal sehen wir auch Wurzelstrünke von Schilfrohr, von Phragmites arundo, die graue Masse durchziehen, haben also ehemalige Süßwassermarsch vor uns. Diese Reste von Schilfrohrwurzelböden enthalten häufig Eisensalze, die sich wohl gewöhnlich als Einfachschwefeleisen niedergeschlagen haben. Letzteres verwittert schnell, die Umrandung der Stengel färbt sich intensiv braun und Salzlösungen sickern meerwärts. Andere Stengel aber zeigen eine dichte Inkrustation mit phosphoritartiger Substanz, wobei sie ganz verrottet sein können, und die Enden verrunden. Ganz auffällig gleichen ihnen in Gestalt langgestreckte, zylindrische, in der Mitte mehr oder minder hohle Phosphorite, wie man sie in einer ganzen Reihe von marinen Lesedecken häufig findet (Taf. VIII, Fig. 17 zeigt einen solchen „Röhrichtboden-Phosphorit", den ich in den oligozänen Phosphoriten bei Runstedt unweit Helmstedt sammelte). Ebenso häufig aber sind so gestaltete Phosphorite als Gerölle im Erzlager von Salzgitter, die man mit dem Ufer des Liasmeeres in genetische Beziehung bringen muß. Aber hier und da bemerken wir mehr oder weniger dicke Bänke und Bänder, die durch ihr grobes Korn und ihre abweichende Farbe den Blick auf sich ziehen. Sie bestehen fast ausschließlich aus Molluskenschalenanhäufungen von auffallender Artenarmut, aber ungeheurer Massenhaftigkeit der in ihnen vereinigten Individuen: blauschwarze Zonen mit Klappen der Miesmuschel, immer so gelagert, daß die Wölbung nach oben gekehrt ist; darüber oder auch darunter braune Zonen mit dickgepackten Gehäusen der bekannten Strandschnecke Litorina litorea, denen freilich stets die hornigen Deckel fehlen; schmutzig-weiße Lagen, die sich bei näherem Zusehen zusammengesetzt erweisen aus zahllosen Resten einer nur bis 5 mm großen Schnecke, Hydrobia ulvae, die die Seegraswiesen bewohnt und die Diatomeenrasen auf diesen Pflanzen abweidet. Alle diese Lagen werden meist durch ungeschichteten, schalenfreien Schlick voneinander getrennt, der sie ganz verdrängen kann, wie andererseits auch die Organismenlagen sehr eng aufeinander folgen können. Man begegnet hier also einer überaus vertrauten Erscheinung, wie sie uns in so vielen älteren Formationen — denken wir an den Muschelkalk oder an so manche andere versteinerungsreiche Sedimente, besonders an das Unterdevon sandiger Fazies — immer wieder entgegentritt: Vertikal übereinander, durch fossilfreie Gesteinsbänke und Lagen getrennt,

überaus reiche Schalenansammlungen von gesetzmäßigem Bau, von großer Eintönigkeit der Fauna und schroffem, scheinbar völlig unmotiviertem Faunenwechsel in anscheinend regellosem Turnus. Wir können auch denken an die Cardiumzonen des brackischen Miozäns oder an die Dreissena-Massen der pontischen Stufe und an die Cyrenenbänke und Melanopsisschichten der Wealdenformation an der Basis der nordwestdeutschen Kreide. Oder wir erinnern uns an das bankweise Auftreten von Cerithium margaritaceum oder von Cyrena semistriata im Oligozän von Miesbach und Schliersee in Bayern, wo die eingeschalteten Kohlenflöze überdies noch an die unter unseren marinen Nordseeschichten liegenden Sphagnumtorfe erinnern. Oder was beobachten wir in den Schlammschichten am Boden des Culmmeeres in den Lautenthaler Schichten des Oberharzes? Immer wieder finden wir, nur von Tonschiefermassen getrennt, ganze Lagen, in denen bestimmte Arten in erdrückenden Massen aufgehäuft sind. Bald radial gerippte jugendliche Posidonomyen, bald kleine, bald mittelgroße evolute Prolecaniten, dann wieder schmal dütenförmige Orthoceren, achsenparallel mit Pflanzenresten eingebettet; dicht darüber liegen wieder involute kugelige Gehäuse von Goniatiten der Gattung Glyphioceras. Dabei wechselt die Individuengröße von Schichtbesteg zu Schichtbesteg, in jedem einzelnen herrschen aber bestimmte Größenverhältnisse vor. Genau in der gleichen Weise finden wir also im Vertikalprofil des von der Flut angerissenen jugendlichen Marschbodens Mytilus edulis, bald Cardium edule, die Herzmuschel, dann wieder Litorina litorea oder Massen von Hydrobia ulvae in wechselnder Individuengröße und jeweils fast ausschließlich vorherrschend, schalenfreiem Sediment eingelagert, so daß immer die eine Art an Zahl und Erhaltungszustand die andere bei weitem überragt. Steht man nun etwa einem periodischen Wechsel der Bewohner des Meeresareals gegenüber? Folgten Zeiten aufeinander, wo bald Mytilus, bald Cardium oder Litorina, dann wieder Hydrobia fast ausschließlich fortkommen konnten? Stehen wir also einem echten Faunenwechsel in den kleinsten Elementen der Schichtenserie gegenüber? Bei den Vorkommnissen der geologischen Vergangenheit können wir zunächst im Zweifel sein, für die Gegenwart aber bewahrt uns der Augenschein vor gefährlichen Trugschlüssen. Die Lebensbedingungen der genannten Tierformen entsprechen sich nämlich in jeder Weise. Sie sind alle euryhalin und, was in der Flachsee besonders wichtig ist, eurytherm, und sind alle im wesentlichen an die oberen 6 m

Tiefe des Küstenwassers gebunden. Niemals kann der der einen Art günstige Zustand den anderen Tierformen gefährlich werden. Sie können alle das Trockenlaufen vertragen. Mytilus wohnt in dichten, kilometerlangen Bänken an den Rändern der Priele oder in unregelmäßigen, mehr oder weniger langgezogenen Gespinsttrauben, Litorina weidet die Diatomeenrasen am Boden des Wattes ab, Cardium lebt flach eingegraben im Schlicksande in nächster Nähe der Küste, ebenso wie Mya arenaria und Scrobicularia piperata, Hydrobia bevölkert die Seegraswiesen der gleichen Fläche. Um diese Frage aufzuwerfen, wie dieser Wechsel im Vorherrschen der einzelnen Arten in solchen Profilen zu erklären ist, bedarf es nun keineswegs bloß solcher jugendlichen Beispiele, sondern man findet überall in den verschiedensten Sedimentserien das gleiche Bild. Ich brauche nur zu erinnern, wie in Mittelfrankreich an der Basis der groben Organismenschüttung des Pariser Grobkalks in den hangendsten Lagen des darunterliegenden eozänen Grünsandes fossilreiche Saumlagen schnell auskeilen und oft sich wiederholend einschalten, wobei die Artenvertretung bedeutendem Wechsel unterworfen ist. Ein charakteristisches Beispiel aus dem Mitteloligozän des Königreichs Sachsen zeigt uns besonders deutlich, wie ähnlich die Verhältnisse den gegenwärtigen waren. Etzold beschreibt 1912 in „Die Braunkohlenformation Nordwestsachsens“ auf S. 104f. die Anordnung der Konchylien im Septarienton der Schächte von Großstädteln und Gautzsch:

„Bemerkenswert ist, daß die Verteilung der Konchylien keine auch nur einigermaßen regelmäßige im Septarientone ist, sondern daß sich jene auf einzelne Lagen in der Weise konzentrieren, daß in diesen gewisse Spezies in großer Individuenzahl mit fast vollständigem Ausschluß aller übrigen Formen angehäuft sind. So durchteufte man mit dem Gautzscher Braunkohlenschachte nahe der oberen Grenze des Septarientons eine dünne Lage von fettem Ton, welche angefüllt war von Gehäusen von Aporrhais speciosa, etwa 3 m tiefer eine bis 1 m mächtige Zone voll Schalen von Cyprina rotundata, welche so dicht aneinander gedrängt waren, daß oft zwei, zuweilen drei Klappen dieses Zweischalers schüsselartig ineinander saßen. Nach Durchteufung der Septarientone wurde dann eine Bank von plastischem Ton erreicht, in welchem Leda Deshayesiana und Nucula Chastelii unter Ausschluß aller Cyprinen ihre Maximalhäufigkeit entfalteten, bis sich in den darunter liegenden sandigen Tonen, welche den Übergang zum unteren Meeressande vermitteln, Cyprina rotundata wieder einstellte.

Auch in Großstädtelner Schächten wurden ganz ähnliche Erscheinungen beobachtet. Im oberen Horizonte des dortigen Septarientones besaß Cyprina rotundata eine sehr große Häufigkeit, darunter stellten sich außerordentlich zahlreiche Exemplare von Aporrhais speciosa ein, welche die Cyprina fast vollständig verdrängten, bis sich ganz plötzlich das umgekehrte Verhältnis geltend machte, wodurch Cyprina rotundata ihre größte Häufigkeit erlangte. Endlich, und zwar in den sandigen Schichten nahe der liegenden Grenze, schwang sich Leda Deshayesiana zu ihrer größten Häufigkeit auf. In den Zwenkauer Schächten herrschte Cyprina rotundata bei weitem vor, und zwar mit meist getrennten, vielfach auch noch fest geschlossenen Klappen. Manche Cyprinenschalen sind zwar stark gerundet, die meisten jedoch vollständig unversehrt; da nun vielfach auch noch beide Klappen in ihrer ursprünglichen Stellung zueinander erhalten sind, so muß die Ablagerung des Septarientones in einem sehr ruhigen Wasser vor sich gegangen sein." Die Bezeichnungen, die Etzold für den Wechsel der Fauna anwendet, „vollständig verdrängen", „ganz plötzlich das umgekehrte Verhältnis, wodurch Cyprina rotundata ihre größte Häufigkeit erlangte", „schwang sich Leda Deshayesiana zu ihrer größten Häufigkeit auf", und ähnliches, wird den zweifellos dabei im Spiel befindlichen Aufbereitungsvorgängen nicht ganz gerecht. Es sind dieselben Gesetze, unter denen sich die oligozänen Schalenmassen in den Spalten des Muschelkalkes bei Bernburg und in den Kolken des Rotliegenden Sandsteins am Flechtinger Höhenzug ablagerten oder im Tertiärmergel bei Wiepke, wo sehr interessante mechanische Artentrennung zu beobachten ist, und am Doberg bei Bünde. Eine Komplikation tritt hinzu; hier handelt es sich nicht mehr um Schalenaufhäufungen in flachem und flachstem Wasser, die womöglich bei Ebbe trocken liefen und frei lagen, sondern um eine Schüttung in Richtung nach dem tieferen Wasser, wo sich hier und da schon authigene Organismenbänke finden, die die nicht mehr sturmbewegten Wassertiefen bevorzugen. Solche Überschneidungen sind weit verbreitet und ausgezeichnet gut zu beobachten in den äußerst organismenreichen, kalkigen Tonen, wie sie sich im Gebiet des Fallsteins und der Gegend von Braunschweig über den organogenen Kalkmergelschüttungen der Neokombasis finden und wie sie mit ihrem Organismenreichtum bis in das Erzlager der Bohrung Hornburg hineinreichen. Auch an der Nordsee haben wir die gleiche Erscheinung, und man braucht nur

daran zu denken, wie sich in der 60 m tiefen Helgoländer Rinne ständig die gewaltige Schalenschüttung (Schill genannt) abwärts bewegt. Das Material der Schüttung entstammt viel größeren Lebensräumen in flacherem Wasser, und was wir hier über [die natürliche Aufbereitung von Organismenschalen und die Profile ihrer Aufschüttungen sagen, das gilt ebenso für jede andere anorganische Körnung, auch für das Erzlager von Salzgitter. Apsteins Bodenuntersuchungen in Nord- und Ostsee haben gezeigt, daß es eigentlich in diesen epikontinentalen Flachmeeren nur drei Gebilde sind, die außer solchen gröberen organogenen Schüttungen flächenhaft verbreitet auftreten. 1. Der Sand, mit verschiedenen Tönen gelblich gefärbt, geruchlos, aus größeren Gesteinstrümmern bestehend, beim Trocknen locker werdend, mit einer Hygroskopizität von 0,1 bis 1,5 und anorganischer Herkunft. 2. Der Ton, von brauner oder auch grau-schokoladenroter Farbe, geruchlos oder höchstens Tongeruch aufweisend, aus den feinsten Zersetzungsprodukten von Tonerdesilikaten bestehend, festliegend und knetbar, beim Trocknen sehr hart werdend, mit einem Wassergehalt von 50 %, einer Hygroskopizität von 6 bis 10 und anorganischen Ursprungs. 3. Der Mudd, grau bis schwarz gefärbt, nach Schwefelwasserstoff riechend, aus feinem, flockigem Detritus bestehend, der mit Methylgrün leicht gefärbt werden kann und im lockeren Zustand leicht ausrührbar ist. Er wird beim Trocknen hart, besitzt einen Wassergehalt von 81 %, eine Hygroskopizität von 11 bis 15 und ist organischen Ursprungs. Das beigegebene Kärtchen (Taf. I, Fig. 1) zeigt deutlich, wie sich der Ton in den tiefsten Stellen der Ostsee und in der tiefen norwegischen Rinne anhäuft, mit den wenigen Ausnahmen, wo Küstenversatz den eingeführten Schlamm der großen Flußmündungen verfrachtet oder die Windverhältnisse diese Verteilung begünstigen. Küstenwärts zeigt sich sonst gewöhnlich ein Gürtel von Sand, der in flachem Wasser ausgedehnte Flächen überschüttet und der, das ist besonders wichtig, nur beschränkt seewärts vordringen kann. Der Mudd tritt an Stelle der tiefsten Teile der Tonablagerung in wirklich ruhigem Wasser auf, und wir gewinnen wertvolle Vorstellungen über die Komplikation gleichzeitig gebildeter Fazies in einem untiefenreichen Flachmeer. Es ist nämlich keineswegs nötig, daß man diese sedimentpetrographischen Betrachtungen etwa auf organische Komponenten beschränkt. Wir haben uns hier ihrer nur als eines besonders häufigen und geologisch wichtigen Beispiels bedient. Ihre Anordnung ist allerdings

in feinkörnigen Medien besonders auffällig. Gräbt man z. B. an der Westküste der Lübecker Bucht den Strand auf, so zeigt sich ein mehr oder minder regelloser Wechsel verschieden aufgebauter Lagen, keineswegs aber eine gleichmäßige Aufhäufung der scheinbar alles aufbauenden schönen weißen Strandsande. Wir finden feinspaltende, bernsteinführende Packungen von Seegras, dicht gepackte Lagen von Herzmuscheln, eingeschaltete Spatsandlinsen und ähnliches mehr. Auch hier ist die Deutung kein schroffer Wechsel der Verhältnisse, sondern es handelt sich auch hier um ein Produkt strenggesetzmäßiger Vorgänge.

An der Ostseeküste wirkt haupsächlich der Windstau, der den Wasserspiegel lokal einen Meter und mehr erhöhen kann. Bei dessen Nachlassen sind also Regressionserscheinungen zu beobachten, die bei längere Zeit wehenden ablandigen Winden recht erheblich sind, besonders im Innern der Buchten. Die dabei entstehenden Gebilde sind überraschend gesetzmäßig (vgl. Taf. I, Fig. 2, Taf. III, Fig. 5). Strandwärts liegen einzelne Fetzen von Seegras mit Miesmuscheln, dann folgt ein geschlossener, schlangenförmig gewundener Saum von Seegras mit Mytilus, oft ganz von Sand verhüllt, oft nur am Scheitel der kleinen Zostera-Düne frei sichtbar. Die vorspringenden Teile der Kontur entsprechen den Wellenknoten, die rückspringenden den Wellenbäuchen. Weiter seewärts ist die Fläche mit Cardium edule überstreut, so wie die erlahmenden Wellen die vorher ständig hin- und herbewegten Schalen fallen ließen. Am seewärtigen Rande dieser Fläche bildet Cardium edule gleichfalls einen schlangenförmigen Saum. Wo aber das Seegrasband vorspringt, buchtet sich der Cardiumsaum strandwärts zurück und umgekehrt. Die Wellen sind schwächer geworden, der Saum wird aus der cardiumüberstreuten Fläche erst herausgearbeitet, wenn sich Wellenknoten und -bäuche entsprechend, also auf Luke stehend, verlagert haben. Und so werden allmählich kleine, senkrecht zur Strandlinie verlaufende Mulden ausgetieft im Bereich der Wellenbäuche, kleine Halden aufgeschüttet im Bereich der Wellenknoten. Der Korngröße nach abnehmend, legen sich winzige, dünenartige Saumstücke von sichelförmiger Gestalt auf diesen Halden an, aus kleinen und kleinsten Organismenschalen und Holzstückchen bestehend. Hier finden sich stets Jugendformen und die spiralgerollten Gehäuse tubicoler Würmer (Spirorbis), die sich von dem verfaulten Blasentang, auf dem sie festsaßen, losgelöst haben. Noch eine weitere, schlangenförmig gewundene Sedimentgrenze bildet sich auf dem

Regressionssaum heraus, deren Vorsprünge und Einbuchtungen wiederum zum Cardiumsaum auf Luke stehen. In den Aufschüttungen der Wellenknoten tritt frühzeitig, in den Austiefungen im Bereich der Wellenbäuche sehr viel später, der vom Feinsand befreite, ausgewaschene und getrennte, grobkörnige, Feldspat und Feuerstein reichlich enthaltende, bunte Spatsand auf, sodaß dessen Grenze gegen den Feinsand wiederum als eine umgekehrt geschlängelte Linie erscheint. Seewärts schichtet sich dann diese gröbste Fazies des Spatsandes über die ganz anderen Faktoren ihre Entstehung verdankende, feinstkörnige Fläche des Meeresbodens, die von Rippelmarken bedeckt ist, diskordant auf. Die Entstehungslinie dieser Säume oszilliert ständig. Ein Teil wird zerstört, ein Teil bleibt erhalten. Die Strandprofile stehen völlig in Einklang mit diesen Entmischungsvorgängen.

An der Nordsee sind diese Windstauwirkungen natürlich auch vorhanden, aber durch Ebbe und Flut werden sie häufig beseitigt. Ein breiter Saum von trotz des Vorhandenseins einer reichen Lebewelt organismenarmen Sanden und Schlicken an der Außenseite der Inselketten zeigt, ein wie hoher Prozentsatz von Organismenschalen der Zerstörung und der Verfrachtung anheimfällt. Die feinsten organischen Korngrößen finden wir an den Außenküsten in den Furchen der Rippelmarken, wo man auch leicht Foraminiferen aufsammeln kann. Die gröbste organische Korngröße liegt auf den Sandplatten, wo Schalen mit natürlicher Färbung, weiß gebleichte, durch Schwefeleisenverbindungen im Schlick blaugefärbte und wieder herausgewaschene Reste und durch Oxydation dieser Verbindungen rostbraun getönte Muscheln einen größeren Reichtum an natürlichen Farben vortäuschen, als wirklich vorhanden ist. Nur was weit seewärts und was wattenwärts wandert, trägt zur Bildung fossilreicher Gesteine bei. Während die Querprofile am Ostseestrand einen ständigen Wechsel von Spatsand, Feinsand, bernsteinführenden, mulmigen Seegraslagen mit Mytilus, von Cardiumpflastern und kleinen, kohlereichen Organismendünchen oder Lagen und Packungen doppelklappiger Zweischaler, über deren Entstehung noch zu reden sein wird, aufweisen, zeigen sich am angerissenen Rand der tischebenen Marschfläche mitten im Schlick bald blauschwarze Lagen von Mytilus edulis mit stets nach oben gekehrter Wölbung, bald braune Schichten, erfüllt mit der Strandschnecke Litorina litorea, und dann wieder weißgraue Massen der kleinen, wenige Millimeter großen Schnecke Hydrobia ulvae. Scheinbar

liegt also ein schroffer Faunenwechel vor, bei dem in häufigem Turnus eine Art die andere ablöste. Aber das ist alles nur scheinbar. Wie an der Ostsee entspricht dem Übereinander im Profil das Nebeneinander in der Fläche, die betreffenden Arten sind alle denselben Lebensbedingungen angepaßt und schließen sich keineswegs aus.

Also findet sich durch Windstau an der Ostsee im Strandsaum die kleinste organische Korngröße seewärts, die gröbste strandwärts; aber jenseits dieser Strandhalde häufen sich bei längerem Trockenlaufen auf dem von Rippelmarken durchfurchten Schlickboden saumartig die doppelklappigen Schalen erwachsener Cardien und Miesmuscheln. Durch Ebbe und Flut an der Nordsee bilden sich bei der Anlandung viel breitere, flächenhaft geschlossene Säume, wo die Sonderung nach Größe und spezifischem Gewicht und damit auch nach Arten, Altersstadien und Erhaltungszuständen noch sehr viel weiter getrieben ist. Die kleinsten Schalen liegen aber strandwärts, die größten seewärts. Besonders wichtig ist das Studium der seltener auftretenden Faunengenossen, wie das Zahlenverhältnis von fleischfressenden Schnecken in den Säumen von pflanzenfressenden (Verhältnis von Hydrobia zu Cylichna).

Das letzte Teilproblem enthält eine rein biologische Fragestellung. Ganz zweifellos üben Ebbe und Flut einen wichtigen Einfluß auf die mit Byssus angehefteten Zweischaler, wie Mytilus, aus, die in den obersten sechs Metern des Seichtwassers an der Grenze von Festland, Wasser und Luft ihren Lebensbereich haben. Nur ein Teil der Tiere lebt und entwickelt sich zeitlebens untergetaucht, der andere Teil läuft bei Ebbe trocken, was ja diesen euryhalinen und eurythermen Tieren nichts weiter ausmacht. Aber alle sechs Stunden müssen die Schalen sich hermetisch schließen, um den Wasservorrat zu bewahren, und die Nahrungsaufnahme muß unterbrochen werden. Das bleibt nicht ohne Folgen auf das Schalenwachstum. Das Periostracum wird rauh, der Neuzuwachs wulstig, der sonst spitze Winkel des Schalenschlusses am Hinterrand wird mehr oder minder stumpf. Das gilt nun keineswegs bloß für die Muscheln, sondern ebenso für die gleichfalls zweischaligen Brachiopoden, wie zahlreiche fossile Beispiele nachdrücklich beweisen (vgl. Taf. VII, Fig. 14, Taf. VIII, Fig. 15).

Eine eingehende Untersuchung der Schalenbeschaffenheit und der Variabilität in der fossilreichen Neokommergelfazies erweist, daß eine große Anzahl der Brachiopoden- und Muschelschalen

während des Wachstums dem Trockenlaufen im Wechselspiel von Ebbe und Flut ausgesetzt waren.

Kehren wir zurück zu unserem Miniaturkliff, dem Wattprofil, gehen etwa 20 m seewärts und wenden uns von da aus dem Strand, die Augen zu Boden gekehrt, zu: zunächst sehen wir seewärts Mytilusschalen, Klaffmuscheln, Herzmuscheln, Pfeffermuscheln, lebende und tote Litorinen weiträumig und unregelmäßig verstreut auf dem Watt liegen. Dann aber vereinigt sich alles zu einem festen, nach physikalischen Gesetzmäßigkeiten geschlossenen Pflaster. Die blauschwarzen Schalen von Mytilus sind, die hohle breite Fläche nach unten, die Wölbung der Schale nach oben gekehrt, unter strengster Ausnutzung des Raumes eine neben der anderen festgekeilt und eingefügt durch die saugende Wirkung der Ebbe, so daß auch die Flut nicht mehr imstande war, sie zu verschieben. Kurz, dasselbe Bild, wie es die mit Myophorien oder Gervillien bedeckten Flächen des Muschelkalkes oder andere organische Lesedecken bieten. Weiter küstenwärts nimmt die Größe der Miesmuschelschalen immer mehr ab. Cardium edule, die Herzmuschel, auch Tellina baltica, die Plattmuschel, schaltet sich reichlicher dazwischen, und vereinzelt treten schon die größten Schalen von Litorina hinzu. Der Saum ist also braun, blauschwarz und weiß geblümt und der Zahl nach nehmen dann die braunen Gehäuse von Litorina zu. Auch sie sind so angeordnet, daß sie einer Lageveränderung den größtmöglichen Widerstand bieten; sie liegen so dicht, daß eine die andere berührt. Kleinere Cardien und Bruchstücke von Mytilus liegen zuweilen noch dazwischen. Die Farbe des Litorina-Saumes ist braun, noch weiter küstenwärts aber herrscht die weiße Farbe. Zunächst schalten sich die großen Hydrobien zwischen jugendliche und abgerollte, nur noch die Spindel aufweisende Gehäuse von Litorina, um dann, als weiße Säume handhoch und mächtiger aus reinen Hydrobien, mit feinsten Schalentrümmern gemengt, zu bestehen. Zwischen den turmförmigen Gehäusen von Hydrobia finden sich ebenso große, aber ganz anders gestaltete, aufgeblähte Gehäuse von Cylichna in einem Zahlenverhältnis, daß auf mehrere Hundert Hydrobien erst eine Cylichna entfällt. Der Grund dafür ist aber leicht einzusehen: Hydrobia ist ein Pflanzenfresser, Cylichna ein Fleischfresser, der von der anderen Art lebt. Den Mytilus–Cardium-Streifen können oberflächlich Seegras und Blasentang verdecken, die Hydrobienzone sehen wir oft erst, wenn wir die dichte Masse der Grünalge Chaetomorpha aurea wegnehmen, die darüber gebreitet ist (vgl. Taf. IV, Fig. 8, Taf. IX).

Fassen wir noch einmal zusammen: Wir fanden eine lose mit Schalen bestreute Außenzone, ein Mytiluspflaster, eine Mischzone von Cardium, Mytilus und Litorina, ein Litorinaband und einen weißen Hydrobiensaum. So werden durch Ebbe und Flut die Überreste der abgestorbenen Tiere als gröbere und feste Komponenten eines großen Lebensraumes nachträglich zusammengedrängt in einem nur wenige Meter breiten Streifen. Was wir beobachten, ist vor allem eine zonar angeordnete Trennung nach Größe und Gewicht und damit auch nach Arten und Lebensaltern, aber auch nach dem Erhaltungszustand; denn die Trümmer größerer Arten sind ja häufig den ganzen Gehäusen kleinerer beigemengt. Bei Verlandung des Wattenbodens verschiebt sich mit wanderndem Küstensaum diese lineare Erscheinung ganz erheblich. Darum schneidet auch unser Wattprofil (vgl. Taf. XIV, Fig. 3), von dem wir ausgingen, die Schalenpflaster bald im Bereich der einen, bald im Bereich der andern Art und mehr oder minder streichend und spitzwinklig. Der vertikal aufeinanderfolgende Faunenwechsel ist eine glatte Täuschung, er entspricht ja lediglich einer horizontalen Differenzierung des Sedimentes. Das Übereinander im Profil wird erst verständlich durch das Nebeneinander in der einheitlich, synchron entstandenen Fläche, die ihrerseits aber in ihrem zonaren Aufbau, und das ist besonders wertvoll, durch eingehende Profilstudien wieder rekonstruiert werden kann. Das Seitenwachstum der Flachseesedimente spielt hier wieder eine wichtige Rolle.

Ist denn nun aber die Erscheinung der Wattensäume ihren Dimensionen nach wirklich bedeutend genug, um uns hier so eingehend zu beschäftigen? Das wird uns am besten die Frage der Abgrenzung unserer flachen Nordseeküste zeigen, die so schwer durchzuführen ist, weil weite Sandebenen in ein seichtes Meer tauchen. Vergleichen wir einmal die Außengrenze der Wattenküste der Nordsee bei Niedrigwasserstand mit ihrer Innengrenze bei Hochwasserstand. Die Innen- oder Hochwassergrenze ist nur 630 km, die Außen- oder Niedrigwassergrenze aber 2287 km lang. Dabei mißt die Breitenausdehnung der Marsch und der Wattenküste vielfach volle 50 km. Es handelt sich also keineswegs um allzu kleinräumige, weil lineare Erscheinungen; denn der Verlauf der Linie ist kompliziert und veränderlich genug. Und die nach Größe und Gewicht gesonderten Schalenmassen umsäumen jede Untiefe und seichte Stelle, sie bleiben bei Verlandung erhalten und können durch Senkungsvorgänge eine gewisse Wichtigkeit

erlangen, sie finden sich überall bei Aufgrabungen in der Marsch, weit von der Küste. Fossilführende Neubildungen von Dauer und Erhaltungsfähigkeit sind nur zweierlei möglich: Seewärts, außerhalb des eigentlichen Flachseebereiches, wie sie uns noch ausführlich beschäftigen werden, und küstenwärts bei Verlandungsvorgängen, dazwischen sind aufbereitete versteinerungsleere Sedimente, allenfalls mit Schalentrümmern, zu erwarten, so reiche Schalenmassen auch die Oberfläche der Sände bedecken.

Die Schalen wandern seewärts aus dem flachen Wasser, weil es bei Gezeiten und Sturm immer wieder bis auf den Grund aufgewirbelt wird. Es findet also noch eine Auslese der Bodensedimente durch das noch bis 200 Meter Tiefe bewegte Wasser statt. Die Muscheln mit kurzem Sipho, die lebend durch immerwährendes Eingraben ihre Lage im Sediment zu behaupten suchten, werden ausgespült und zerrieben, bis sie vergehen oder in die tiefsten Rinnen gelangen, wo sie die „Schill" genannten Schalenmassen bilden, deren meiste Mollusken einem ganz anderen, meist flacher gelegenen und vor allem viel ausgedehnteren Lebensraum entstammen. Außerdem finden wir mit abnehmender Strömung oder zunehmender Tiefe Abnahme des Sandes und Zunahme des Schlammes. Ein anderer Teil der Schalenmassen wird zweitens, so sollte man erwarten, unter den gleichen Verhältnissen so eingebettet, wie die Tiere lebten. Das wird vorübergehend häufig der Fall sein, aber doch meist nur für mehrere Jahre oder Jahrzehnte, bis die Zerstörung oder Umlagerung das eben erst zur Ruhe gekommene Sediment ergreift. Die Gezeitenströmungen verlagern sich, der Prallhang der Rinnen wird angegriffen, die Schalen werden ausgeschwemmt, nach abwärts entführt oder an den Strand und auf die Sände geworfen, wo sie, vom Sturm zerrieben oder vom Regenwasser angegriffen, über kurz oder lang der Zerstörung anheimfallen können. Es entstehen Sandplatten und Inseln, die wieder zerrissen, verkleinert oder umgestaltet werden. Jedenfalls ist die Möglichkeit eine sehr große, daß die ursprünglich autochthonen Schalenanreicherungen zu noch konzentrierteren allochthonen umgeschwemmt oder überhaupt vernichtet werden.

So lebt der Herzseeigel, Echinocardium cordatum, dessen ganze Schale mit biegsamen, borstenförmigen, gelblichen Stacheln dicht besetzt ist, tief im Sand vergraben, indem er horizontale Kanäle gräbt und von Zeit zu Zeit einen mit Schleim verfestigten Wasserschacht nach oben führt, um seinen zu Kiemen um-

gewandelten Saugfüßchen das Atemwasser zu verschaffen. Lebend kommt das Tier aber gewöhnlich nur in Wassertiefen von über 18 Meter, also wesentlich außerhalb des Inselkranzes, vor. Die zerbrechlichen Panzer gelangen nur selten an den Strand, wo sie dann der Vernichtung anheimfallen. Und doch finden sich überall, bis weit in die eingedeichte Marsch hinein, die feinen, etwas gekrümmten Stacheln des Herzseeigels unter der Wiesendecke. Der mit abgestorbenen Seeigeln erfüllte Sand jenseits der 20 Meter-Tiefenlinie wird also aufgewühlt und durch die Flutströmung immer weiter der flachen Strandböschung zugeführt, wie es das Vorkommen der kleinen Reste leicht verrät. Genau das gleiche findet mit Foraminiferen und noch kleineren Lebewesen statt. Nun finden sich im oligozänen Rupelton des Mainzer Beckens winzige Gebilde, die früher als Spongiennadeln beschrieben wurden. Unter dem Mikroskop kann man die Stacheln nicht von denen des Herzseeigels unterscheiden. Die durch sie ausgezeichneten Schichten des Rupeltones führen zugleich die meisten Foraminiferen. Ganze Gehäuse fehlen aber ebenso vollkommen wie in der heutigen Nordseemarsch. Die Analogie mit den gegenwärtigen Sedimentationsverhältnissen an der Nordsee ist also in diesem Falle ziemlich weitgehend. Das Lebensmilieu der Tiere ist sandig oder feinklastisch, das Einbettungsmedium tonig. Im Erzlager von Salzgitter machen sich die Grabgänge der irregulären Seeigel oft sehr deutlich durch ihre Ausfüllung mit Ton, Mergel oder anderem taubem Material bemerkbar. Noch mehr aber in vielen Sandsteinen der oberen und unteren Kreide. So wichtig und wertvoll, so unerläßlich es für die Beurteilung der Einschaltung der Organismenreste in Sedimenten ist, den biologischen Verlauf und das Milieu jedes einzelnen Tieres bionomisch genau festzulegen, so deutlich muß es ausgesprochen werden, daß die Art der Einlagerung häufig nichts mehr von all diesen Kenntnissen direkt anzuwenden gestattet. Dafür vielleicht nur noch ein Beispiel für das Verhalten ein und desselben Tieres in authigenen und allochthonen Schalenbänken. Wiederum soll der Betrachtung ein sehr bekanntes Tier, Mya arenaria, die Strandauster oder Klaffmuschel, zugrunde gelegt werden. Die erwachsen 8—10 cm langen, 5—6 cm breiten, fast $^1/_2$ Pfund schweren Muscheln sind tief in Sand oder Schlick vergraben. Das Vorderende zeigt dabei nach unten, das 10—20 cm lange Atemrohr stellt die Verbindung mit der Oberfläche her. Einmal angesiedelt, kann die Muschel, die sich nur in frühester

Jugend einzugraben vermag, ihre Lage nicht mehr verändern. Unfreiwillig herausgeholt, geht sie zugrunde, da jeder Seestern ihrer Herr wird. Nicht so die leichtbewegliche Herzmuschel oder die Plattmuschel, die sich, von Sand oder Schlick überschüttet, mit Leichtigkeit wieder zur Oberfläche hindurchgraben. Mya arenaria dagegen ist in der gleichen Lage verloren, ihr Atemschlauch kann die Oberfläche nicht mehr erreichen. Wird also ein von Klaffmuscheln besiedelter Wattbezirk von einer Sandlage überschüttet, so entsteht nach Absterben der Muscheln eine autochthone Myabank, in der alle Schalen noch paarig zusammen, vertikal orientiert, mit dem nach unten gerichteten Vorderende eingelagert sind, so wie das stellenweise im Erzlager des Fallsteins mit den Panopaeaarten der Fall ist. Diese Verhältnisse würden bestehen bleiben, wenn der Meeresboden seinerseits unverändert bliebe. Die natürlichen Rinnen des Watts verlagern sich aber, die Strömung ändert die Richtung, und am angegriffenen Rinnenhang werden die Schichten wieder unterspült. Schnittwunden an den Füßen derer, die die Priele durchwaten wollen, verraten nur allzu unangenehm, wie die Schalen halb ausgewaschen aus dem Boden der Rinnen herausragen, den scharfen Hinterrand nach oben gerichtet. Schließlich werden dann die Schalen vollständig freigespült, an den Rändern der Priele flächenhaft zusammengeschoben und angereichert, aber nicht mehr quer, sondern parallel zur Unterlage angeordnet, um dann neuerdings wieder in neuentstehenden Schlick eingebettet zu werden.

Wir erblicken also in den ausgeglichenen, nach Schwere und Größe geordneten Schalensäumen und Pflastern und den haldenartigen Schüttungen des tieferen Wassers Wirkungen der Sedimentation im Bereich einer vom Rhythmus von Ebbe und Flut immer wieder in Bewegung gesetzten Wassermasse. Es ist dabei immer wieder das Trockenlaufen bei Windebbe, das der Lebewelt gefährlich ist.

Verweilen wir noch ein klein wenig bei der Miesmuschel; denn die Aufgabe, die wir uns gestellt hatten, enthielt ja eine bisher nicht beantwortete Unterfrage: Hat der Einfluß von Ebbe und Flut während der Lebensdauer derartig gestaltsverändernd auf Molluskenschalen eingewirkt, daß der zoologische Befund Kriterien für den Nachweis von Ebbe und Flut liefert? Die Fauna des Atlantischen Ozeans und der Nordsee enthält im Bereich der britischen Inseln noch etwa 600 Arten Mollusken. Bei Helgoland finden wir noch

150, am Außenrand der friesischen Inseln noch etwa 50 Arten und in den Wattenablagerungen der Nordsee herrschen fast ausschließlich 5—6 Arten, und das alles, obwohl keine eigentliche Absperrung vom offenen Ozean besteht. Der Grund dafür ist ein überaus bezeichnendes Merkmal aller seichten Schelfmeere. In ihnen mischen sich die vom Lande kommenden süßen Grund- und Flußwasser mit dem Salzwasser des offenen Ozeans. Erst durch den Einfluß der bewegten Luft und der Meeresströmungen wird beides miteinander gemengt. So hat das Wasser der Nordsee einen mittleren Salzgehalt von 3,5 %, in der Nähe der Inseln aber nur noch von 3 %, innerhalb des Inselkranzes aber oft noch weniger. Trotz des großen Nährstoffgehaltes des Wattenmeeres, dessen Reichtum an Phosphorsäure infolge der ständigen Beimengung von Vogelkot ein sehr günstiger ist, findet also eine sehr starke Auslese der reichen Tierwelt des Ozeans statt. Nur euryhaline Tiere können das Wattenmeer besiedeln, also Lebewesen, die eine wesentliche Veränderung des Salzgehaltes vertragen können. Nun sind aber euryhaline Mollusken immer recht variabel. Nehmen wir z. B. unsere kleinen Hydrobien. Der Nabel ihres Gehäuses ist um so besser entwickelt, je stärker der Salzgehalt des Meeres ist. Außerdem aber stehen die Gehäuse der Länge und der Anzahl der Windungen nach in bestimmtem Verhältnis zur Wasserströmung. Hierbei gilt das Gesetz, daß von zwei Körpern mit gleicher Wanddicke immer der kleinere der widerstandsfähigere ist. Schalenverändernd wirken also hier erstens die Schwankungen des Salzgehaltes und zweitens die verschieden starke Strömung des Wassers. Es findet sich nun eine überaus große Variabilität bei den Schalen von Mytilus edulis, der Miesmuschel; aber wir müssen sie gleichfalls auf die Wirkung dieser beiden gestaltsverändernden Faktoren beziehen, können also einen Beweis für Ebbe und Flut aus dem Schalenbau nicht entnehmen. Die lebenden Miesmuscheln gehen gewöhnlich nicht über 6 m Wassertiefe hinaus. Auf dem Boden des Watts schreiten sie zur Bildung ausgedehnter Muschelbänke, aufgebaut aus zahllosen, in meterhoher Schicht übereinanderliegenden Individuen. In 100 bis 150 m Breite und in mehreren Kilometer Länge können sich die Bänke an den Rändern der Priele entlang ziehen. Sie erstrecken sich also einmal über einen Teil des bei Ebbe trocken laufenden Watts, andererseits aber auch in das tiefere Wasser der Priele hinein. Dadurch kommt aber eine wichtige Zweiteilung in der Lebensweise der Individuen zustande.

Die einen liegen immer 1—2 m unter Wasser und können sich dauernd ernähren; sie wachsen mit vom Schalenschluß unbeeinflußten Rändern, sie wachsen ohne Pausen und schnell, die Schale ist glatt und elegant wie aus einem Guß. Die Schalen der schnellwüchsigen Tiere besitzen im Verhältnis zum Körper ein geringes Gewicht. Den anderen Tieren schadet das Trockenfallen an und für sich nichts. Die Ernährung ist aber insofern viel ungünstiger, als sie zweimal am Tage für längere Zeit unterbrochen wird. Die Schale ist also rhythmischen Wachstumspausen ausgesetzt. Der wachsende Schalenrand steht zweimal am Tage unter dem Drucke der stundenlang hermetisch geschlossenen Klappen. Die Oberhaut wird rauh, das Wachstum zeigt Unregelmäßigkeiten, die Schale wird verhältnismäßig kurz und hoch; sie unterliegt stärker der Beeinflussung durch Anpressung an die Unterlage.

Außer einer systematisch nicht scharf abgrenzbaren Variabilität finden sich also doch einige Differenzen, die nicht von dem wechselnden Salzgehalt, nicht allein von der Wasserbewegung herrühren, sondern in unmittelbarer Wechselbeziehung zu Ebbe und Flut stehen, die wir daher auch in der Ostsee am gleichen Tiere nicht in annähernd demselben Grad wiederfinden. Auch den zweiten Teil unseres Problems können wir bejahend beantworten, wir sind höchstens noch die Antwort auf die Gegenfrage schuldig. Haben wir einen bestimmten Fall, wo die gleiche Erscheinung in geologischer Vergangenheit auftritt? Da fällt uns doch vor allem die Beschaffenheit eines der häufigsten Leitfossilien des deutschen Muschelkalkes, besonders in seiner oberen Abteilung, auf, nämlich von Terebratula vulgaris. Hier können wir regelmäßig glatte Schalen von elegantem Wuchs unterscheiden von Schalen mit rauher, ramponierter, häufig Wachstumsanomalien und Asymmetrien aufweisender Oberfläche. Anzeichen für rhythmische Wachstumspausen zeigen häufig auch die jugendlichen Schalen von Terebratula (Dielasma) elongata aus den Lücken der Zechsteinriffe Ostthüringens. Noch ein mir sehr naheliegendes Beispiel könnte ich anführen: Posidonomya Becheri Bronn, das bekannte Leitfossil der Tonschiefer der unteren Steinkohlenformation. Untersucht man die Schalen dieser weitverbreiteten Meeresmuschel, so mag es vielleicht Befremden erregen, daß die Jugendformen dieser Muschel sehr viel variabler sind als die Schalen der erwachsenen Tiere. Wie ist das zu erklären? Die Schalen der jüngeren Tiere entstammen häufig den bei Ebbe trocken laufenden Teilen des Flach-

wassers und zeigen dementsprechende Wachstumsunregelmäßigkeiten. Die Schalenmassen der Posidonienschiefer sind durch Gezeitenströmungen seewärts getragen und mechanisch gesondert. Die toten Schalen der brakischen Randgebiete sind aus den bei Ebbe trocken laufenden Muschelbänken verfrachtet in den Bereich der dauernd untergetauchten, schnellwüchsigen, normalschaligen Muschelansiedlungen, und zwar je jünger und kleiner, um so weiter. Sie zeigen viel stärkere Beeinflussung durch äußere Umstände und größere Sterblichkeit vor erreichter Normalgröße. Zu ganz ähnlichen Resultaten kommt man aber auch bei einer Untersuchung der Variabilität der Brachiopoden und Zweischaler in der kalkig mergeligen Fazies des Neokoms, wie bereits oben erwähnt wurde.

Wir haben also gesehen, daß sich solche natürlichen Aufbereitungsvorgänge im großen vornehmlich im Bereich der Flachsee finden, wo Zerstörungsvorgänge bereits ohne Veränderung des Wasserstandes in erheblichem Maße vor sich gehen können, lediglich dadurch, daß die Priele sich verlagern.

II. Das Erzlager von Salzgitter und die paläogeographischen Grundlagen seiner Entstehung

In Einecke und Köhler, „Die Eisenerzvorräte des deutschen Reiches", wird die Eisenerzlagerstätte von Salzgitter mit Recht zu den mächtigsten Eisenerzlagerstätten, die Deutschland aufzuweisen hat, gerechnet, obwohl die gesamten Resultate der neuen Schürfperiode damals noch nicht bekannt waren. 1910 kamen beide Autoren zu einem Vorrat von je 30 Millionen Tonnen erster und zweiter Reihe. Dem entspricht es auch, daß sich in dem bekannten Lehrbuch von Beyschlag, Krusch und Vogt in der 1921 gedruckten Neuauflage des zweiten Bandes die Zahl von 60 Millionen Tonnen, wie man sie 1910 angab, findet. Man führte damals aus: „Wollte man das Erzlager lediglich nach den räumlichen Maßen schätzen, so würden sich für die nähere Umgebung des Salzgitterschen Höhenzuges sehr große Zahlen ergeben, die dieses Vorkommen zum größten Preußens machen müßten. Man könnte das Quadratkilometer hier mit 15 Millionen Tonnen einsetzen (sp. G. = 2,5) und wohl an 100 Quadratkilometer Fläche annehmen, wenn man nur den 4. Teil der auf 21 Kilometer festgestellten Längserstreckung für die Breitenausdehnung gelten lassen will (15000000000 Tonnen).

Allein die Lagerungsart nötigt zu bescheidenen Schätzungszahlen." Die wahre Umgrenzung des sedimentären Erzkörpers ist heute der Vorratsberechnung wegen von großer Bedeutung, diese Aufgabe aber ist paläogeographischer Natur.

Schwierig bei der Schätzung ist vor allen Dingen die Beurteilung der Verbreitung in größeren Tiefen. Schwierig ist auch die Frage, wie man das Bewältigen der Massen bei großer Mächtigkeit in größeren Tiefen technisch durchführen soll, aber das sind alles Fragen, die uns hier nicht beschäftigen und die von anderer Seite ausreichend bearbeitet werden. Seit Kriegsende hat nun eine neue Schürfperiode eingesetzt, die zunächst den 1910 geäußerten Standpunkt zur Basis hatte, daß die Fündigkeitschancen sowohl östlich wie westlich des Höhenzuges gleich günstig wären. Dann allerdings kamen eine Reihe von Fehlbohrungen, die westlich von der Dörntener Gegend dreimal auf Muschelkalk stießen, ohne an der unteren Grenze der Kreide Erz zu finden. Diese Feststellung engte das Verbreitungsgebiet des Erzlagers nicht unerheblich ein und nötigte zu genaueren Erwägungen über die wirkliche Ausdehnung.

So kam es, daß mehr oder minder streng das Dogma herrschend wurde, daß man nur östlich des Salzgitterer Höhenzuges bohren sollte, daß dagegen auf der Westseite bemerkenswerte Resultate nicht erzielt werden könnten. Dementsprechend hat sich die ganze ausgedehnte Bohrtätigkeit der letzten Jahre fast ausnahmslos östlich des Salzgitterer Höhenzuges mit ganz erfreulichem Erfolg abgespielt. Das Prinzip wurde damals lediglich durchbrochen durch einige vom Verfasser angeregte Bohrungen, von denen eine zwei bemerkenswerte und nicht nur wirtschaftlich sondern auch wissenschaftlich interessante Resultate erzielte. Es wurde erstens das bisher bekannte Mächtigkeitsoptimum der Lagerstätte an vorher rekonstruierter Stelle gefunden, und es wurde zweitens in mächtigen Lagern ein erheblich höherer Basizitätsgehalt der sonst meist so sauren Lagerstätte erzielt. Es soll nun auseinandergesetzt werden, welche Erwägungen, zunächst gar nicht so naheliegender Art, bei der Aufsuchung dieser Lagerstättenteile mit Erfolg herangezogen werden konnten. Die untere Kreide berührt in dem gesamten Gebiet des subhercynen Hügellandes zwischen Flechtinger Höhenzug und Harz mit ganz verschieden entwickelter Fazies den Untergrund: 1. mit saurem Trümmererz, das sich weit nach Osten hin erstreckt und, wenn

auch in geringer Mächtigkeit, noch im Quedlinburger Sattelgrat zwischen Blankenburger und Halberstädter Kreidemulde bei Preußisch-Börnecke usw. beobachtet werden kann. Diese Trümmererze liegen aber gewöhnlich nicht wie hier unmittelbar auf der Unterlage, sondern sie sind noch

2. durch ziemlich fette, meist schwärzliche Tone von ihr getrennt, wie sich das sowohl am kleinen Fallstein zwischen Halberstadt und Hornburg auf etwa 30 km Erstreckung, wie in Teilen des Salzgitterer Höhenzuges beobachten läßt. Am kleinen Fallstein erwähne ich hierzu den Stollen von Osterwieck und im Salzgitterer Höhenzug den Flözausbiß zwischen Grube Fortuna und Liebenburg, wo sich im Gegensatz zum Aufschluß im alten Tagebau der Grube Fortuna, wo wir grobes Trümmererz unmittelbar über Triasschichten beobachten, ein immer stärker werdender Keil von dunklen Tonen einschiebt, eine Erscheinung, die begleitet ist von einem Abnehmen der Korngröße und einer Verdünnung der Lagerstätte durch ein eingeschaltetes Zwischenmittel.

3. Als dritte Fazies finden wir an der Unterkante des Neokoms kalkige Mergel und organogene Trümmerkalke, etwa dem Schill der Helgoländer Rinne entsprechend. Sie schalten sich häufig unter dem Erz ein, wie die kalkigen Bänke auf „Georg-Friedrich", deren Abbau sich nicht lohnt, beweisen. Diese Fazies besitzt häufig den Charakter eines Kalkschwammriffes (Pharetronenfazies) und findet sich am Nordflügel des Fallsteinsattels an der Asse und weiter nach Norden hin bis in die Gegend von Braunschweig, wo sie erst kürzlich wieder in Bohrungen angetroffen wurde, und darüber hinaus, wo die Mächtigkeit zwischen 10 und 2 Meter schwankt, und ist andererseits entwickelt in der Gegend zwischen Goslar und Harzburg.

4. finden wir an der Grenze der Kreideformation und der liegenden Schichten glaukonitische Grünsande, die mehr oder weniger tonigen, zum Teil auch mergeligen Charakter besitzen und zum Teil reich an Kieselschwammnadeln sind.

5. Über der Kalkschwammfazies findet sich häufig in den darüber liegenden Tonen der unteren Kreide eine erhebliche Zunahme von lagenweise vorkommenden Fossilanreicherungen, wie Lagen mit großen Cephalopoden (Roklum), die deutlich eine natürliche Aufbereitung zeigen, während die Austernbänke und Trichites-Lagen natürlich gewachsen und in situ befindlich sind. Wir be-

obachten diese Erscheinung in der Bohrung Hornburg, in der Remmlingen-Pabsdorfer Jura- und Kreidebucht, weiterhin in der Braunschweiger Gegend.

Diese Ablagerungen sind nicht gleichaltrig, aber bei dem Mangel an leitenden Versteinerungen ist man allzuleicht geneigt, die einzelnen Fazies bestimmten Zeiträumen zuzuordnen, was zu den bekannten stratigraphischen Schwierigkeiten führt, deren man allerdings Herr geworden ist.

Seit Ablagerung des Neokomerzes ist das fragliche Gebiet zur Emscher-, Senon-, Präoligozän- und Miozänzeit und im Diluvium erheblichen gebirgsbildenden Vorgängen ausgesetzt gewesen, die an der heutigen räumlichen Verteilung der Schichten und ihrer tektonischen Anordnung entscheidend beteiligt sind. Aber von all diesen Lagerungsverhältnissen, soweit sich nur einigermaßen sicher der Nachweis führen läßt, daß sie jünger sind, wie die Entstehung des Erzlagers, muß man zunächst gänzlich abstrahieren.

Die Entstehung des Erzlagers selbst erstreckt sich, geologisch genommen, über einen zeitlich recht bedeutenden Abschnitt und knüpft an orogenetische Vorgänge an, die alte, heute verschleierte Berg- und Talzüge schufen, deren Erstreckung, Ausdehnung und Höhe und deren geologische Zusammensetzung für Gestalt, Struktur und Mächtigkeit der Lagerstätte von Salzgitter in weitestem Sinne entscheidende Bedeutung haben. Nur ganz andeutungsweise kann man in dem komplizierten Maschenwerk der NW—SO-streichenden Sättel und Mulden des nördlichen Harzvorlandes einige Züge des alten Gebirgsbaues entwirren und entmischen. Wirft man einen Blick auf den Nordrand des Harzes, so findet man an seinem Nordwestende den eigentümlich hakenförmig nach Nordosten gebogenen Sporn des Lutterer Sattels, dessen Kern Triasschichten aufbauen. Untersucht man den Ostflügel, so bildet die gesamte Schichtenfolge vom unteren Buntsandstein bis zum Lias einheitlich das Liegende der Kreide. An seiner Westflanke dagegen greift die Kreide östlich von Ortshausen in der Bodensteiner Mulde über Lias, oberen, mittleren und unteren Keuper und Muschelkalk über bis in die Gegend von Neuwallmoden, wo sich dann in Richtung auf die Ziegelei Könneckenrode wieder mittlerer und oberer Muschelkalk und unterer, mittlerer und oberer Keuper, sowie Lias im Liegenden der unteren Kreide einstellen. Solche Asymmetrien sind nicht eben selten. Im Nordteil des NNW—SSO gerichteten Abschnittes des Salzgitterer Höhenzuges finden wir am Ostflügel

stets Lias im Liegenden der unteren Kreide, am Westflügel dagegen greift sie in der Gustedter Gegend nach Süden hin auf immer ältere Liasschichten und auf oberen und mittleren Keuper über bei der Bartelszeche, um sich etwa 2 km südlich erst im Reuteltälchen nördlich der Finkelkuhle und südwestlich des Bismarckturms vom mittleren und oberen Keuper wieder zu entfernen. Von dieser Gegend bis nach Liebenburg und dem Bärenkopf bildet Lias auf beiden Flanken des Salzgitterer Höhenzuges das Liegende der unteren Kreide. Von Othfresen bis zu einem Punkt zwischen Langenberg und Barley ostnordöstlich von Dörnten liegt die Kreide dann, nach Auffassung der amtlichen Kartierung präneokome Störungen überschreitend, auf mittlerem Keuper, oberem Buntsandstein, unterem Muschelkalk und unterem Buntsandstein, dann wieder auf unterem Keuper und schließlich wieder auf Lias, der an der Südspitze des Salzgitterer Höhenzuges mit ihrer deutlich nach Osten gerichteten Umschwenkung auf beiden Flügeln wieder entwickelt ist. Es besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit, die Verbreitung der Liasformation im Liegenden der unteren Kreide von der Ziegelei Könneckenrode im Bogen über die Westenden der Ortschaften Altwallmoden und Ringelheim und das Südende von Haverlah nach dem Quellgrund des Reutel zu verlängern. Das ergäbe die Konstruktion einer Bodenstein-Ringelheim-Haverlah-Triasaufsattelung, die eine nördliche Innerste-Liasmulde vom gleichen NO—SW-Streichen von der Ostlutter-Upen-Gitter-Kniestedter Liasmulde trennt. In der Gegend von Langelsheim findet sich überall Lias im Untergrund der unteren Kreide, bei Goslar schaltet sich dann noch der gesamte Dogger und ein großer Teil der Weißjuraformation ein. Hier zeigen sich also die Wirkungen einer alten präneokomen Schichtenmulde von bedeutender Spannweite bis zur Schimmerwaldecke und darüber hinaus. Diese Mulde hat aber offenbar in der Gegend Jerstedt, Redelem, Dörnten, Ostharingen, Othfresen, Heissum eine alte Unterbrechung durch eine Aufsattelung besessen, wie sie am deutlichsten durch die drei ergebnislosen Bohrungen am Westflügel des Salzgitterer Höhenzuges in Richtung auf den Ort Dörnten erwiesen worden ist. Am Ausbiß des Erzes zwischen Barley und Querberg liegt das Erz nicht ungünstig entwickelt auf Lias. Das Bohrloch III durchteufte Turon, Rotpläner, Cenoman, Flammenmergel und untere Kreide in fast söhliger Lagerung und erreichte in einer Teufe von 348,5 Meter unteren Keuper. Bohrloch II durchstieß die gleiche Schichtenfolge,

gelangte aber an der Grenze der unteren Kreide in mittleren Muschelkalk, erreichte dann noch die obere Grenze des unteren Muschelkalkes und wurde in 375 Meter Tiefe abgebrochen. Nahe an Dörnten, nicht weit entfernt in östlicher Richtung vom Ausbiß des Emschers, steht Bohrloch IV, wo der Fallwinkel der Kreideschichten ein wenig stärker ist, im unteren Muschelkalk, und besitzt eine Teufe von 390,9 Meter. Dabei besitzen die Schichten des Muschelkalkes und Keupers östliches Einfallen, die Schichten der Kreide dagegen westliches. Es liegt also hier der Westflügel der Innerste-Kreidemulde diskordant auf der Ostflanke eines präneokomen Sattels, dessen Kern mindestens unterer Muschelkalk bildet. Es ist nicht ganz ausgeschlossen, daß mit dieser zweiten Sattellinie der Flachstöckheimer Salzhorst in seiner ersten Anlage zusammenhängt. Diese Reste einer alten SW—NO-Tektonik finden sich im nördlichen Harzvorland aber noch in weiterer Verbreitung. Auch wenn man weiter im Osten den komplizierten Verlauf der Sattel- und Muldenzonen prüft, findet man, daß die großen Sattelzonen sich nicht geschlossen von SO nach NW erstrecken. Vom Bernburger Plateau her zerlegt sich die südliche Hauptachse deutlich in drei Abschnitte, den Hackel, den Huy und den Fallstein, die nördlich ebenfalls vom Bernburger Plateau abzweigende Aufsattelung besitzt eine starke Unterbrechung durch Einmuldung, die den Egeln-Staßfurter Rogensteinsattel vom Elm isoliert. Und die vom Fallstein durch die Remmlingen-Pabsdorfer Jura- und Kreidebucht und vom Elm durch die Schöppenstedter Mulde getrennte Asse zeigt ebenfalls die Zerlegung in drei einzelne Hebungskerne. Noch verständlicher werden die Wirkungen einer Querfaltung, wenn man die kuppelförmigen, am NW-Ende kopfartig verbreiterten Gestalten des Elm und Fallstein mustert. Nimmt man z. B. das genaue Schichtenstreichen im Kern des Fallsteinsattels, so schneidet es spitzwinklig die mehr ostwestlich gerichtete Hauptachse der Falte und stößt in die deutlich vorspringende Ecke von Achim. Aber auch zwischen den NW-Enden von Elm, Asse und Fallstein, wo die Verbreiterung der Enden durch NNO—SSW-Muldenquerriegel begrenzt wird, und dem Salzgitterschen Höhenzug finden sich noch alte, isolierte Faltenkreuzungserhebungsstellen, so in der westlichen Fortsetzung der Asse der Öselberg, so bei Braunschweig der Nußberg und in der Verlängerung des Dorms der Rieseberg und der Sattel des Harlyberges, dessen heutiges Streichen sekundär erworben ist.

Greifen wir noch einmal zurück auf die Asymmetrien, wie wir sie zuerst im Liegenden der unteren Kreide am Lutterer Sattel beobachtet hatten, wo den Westflügel Trias, den Ostflügel Lias einnahm. Die gleiche Erscheinung finden wir am Fallstein, wo sich am Südflügel im Bereich des kleinen Fallsteins westlich von Rhoden (1 km) bis in die Gegend von Ströbeck mittlerer Keuper im Liegenden der unteren Kreide befindet. Der Westflügel dagegen von Hornburg bis Achim und der Nordflügel von Achim bis in die Gegend von Dedeleben zeigen stets Lias unter der unteren Kreide. Diese Liasschichten sind am vollständigsten in der Gegend von Achim, wo sie bis zum Posidonienschiefer reichen. Das Vorhandensein der Pabsdorfer Juramulde, der Lias an der Südgrenze der Asse und die Ohrslebener Liasflanke der Helmstedter Mulde machen es wahrscheinlich, daß von hier ab der untere Jura geschlossen den ehemaligen Untergrund der unteren Kreide bildete. Eine zweite Asymmetrie finden wir in dem zwischen Halberstadt, Blankenburg und Quedlinburg gelegenen Hoppelbergsattel, den Ewald die Langenstein-Badeborner Sattellinie und Lachmann den Quedlinburger Sattelgrat genannt hat. Er trennt die beiden SO-Zweige des subhercynen Kreidebeckens, die Blankenburger Kreidebucht im SW und das Clusbergbecken im NO. Betrachtet man im Sattelkern den präneokomen Teil der Schichtenserie, so findet man auf der Quedlinburger Seite Liasschichten erhalten, an der Hoppelbergseite dagegen ist der Lias zerstört und mittlerer Keuper bildet sein Liegendes. An der NO-Flanke nimmt der Lias $^3/_4$ des Ausstrichs ein, nur $^1/_4$ gehört dem Keuper an, von NW her bildet an der SW-Flanke Keuper noch $^3/_4$ des Ausstrichs der Unterkante und der Lias $^1/_4$. Östlich über die Bode hinweg reicht der Lias noch über Badeborn hinaus.

Wir hatten gesehen, wie sich von der Langelsheimer Gegend und der Gegend des Salzgitterer Höhenzuges über Goslar, Oker und Harzburg eine präneokome Mulde einstellt, kenntlich an der ausgedehnten Verbreitung immer jüngerer Juraschichten, besonders auch des oberen Jura. Es handelt sich um ein ausgedehntes Gebiet, wo zur Neokomzeit Eingriffe in die eisenerzführenden und -liefernden Dogger- und Liastone überhaupt nicht möglich waren. Es handelt sich also zweifellos nicht um ein Gebiet, das als Lieferant der Eisenerzmengen herangezogen werden kann, und zwar dürfte das auch gelten für den sich südwestlich anschließenden Teil des Harzrumpfes, der damals wohl noch den gleichen Schutz

dieser Sedimente besaß. An der Schimmerwaldecke stoßen wir an einen auffälligen Wendepunkt. Überall, wo wir von dort bis nach Rhoden, Ströbeck, Börnecke und Westerhausen die Unterkante der unteren Kreide beobachten können, besteht sie aus Keuper. Nirgends zwischen Neinstedt und dem Schimmerwald über Thale, Blankenburg, Wernigerode und Ilsenburg finden wir Reste des Lias. Es ist allerdings auch kein Neokom vorhanden, aber dieses doch an der Basis der oberen Kreidezeit an Geröllen relativ reiche Gebiet hat am Harzrand nicht die geringsten Jura- oder untere Kreiderollstücke, wie sie der Emscher zwischen Oker und Harzburg doch reichlich enthält, geliefert. Wo sich solche finden, wie in den Phosphoritlagerstätten von Zilly, müssen dieselben also von Norden oder Osten gekommen sein, wenn man nicht gar die Herkunft dieser gerollten Steinkerne von Amaltheen etc. auf ein in der oberen Kreidezeit zerstörtes Neokomerzlager zurückführen will. So ergibt sich bei dieser Betrachtung, bei der es natürlich notwendig ist, die ursprüngliche, so sehr viel einfachere Lagerung der Neokomunterkante wieder aus der tektonisch heute aufs schwerste vergewaltigten Lagerung zu rekonstruieren, daß wir östlich der großen Goslar-Oker-Harzburger Weißjuramulde einen nach Norden absinkenden großen Keupersattel zu beobachten haben, der sich langsam nach Nordosten einsenkt und dessen Kern auch noch auf einem Teil des Harzrumpfes Keuper gewesen sein muß. Wir wollen ihn den Ilsenburg-Osterwiecker Keupersattel der Unterkreidezeit nennen. Denkt man an die reiche Erzführung der Liasschichten mit ihren zahlreichen Flözen bei Harzburg, und denkt man an den von Thomas auf meine Anregung hin geführten Beweis, daß die alten Küstenschüttungssäume in ihrer optimalen Entwicklung schräg über diesen Sattel, einer Ostküste entsprechend, nach Sommerschenburg und Rottorf am Kley gezogen sein müssen, so bekommen wir hier ein außerordentlich reiches Gebiet, dessen Eisenerzmassen zur Neokomzeit verfrachtet worden sind. Zu manchen dieser meist oolithischen Lagerstätten haben sicher in größerer Küstennähe auch Trümmererze, die durch Zerstörung längst fehlen, gehört, deren Nachweis ich im Fallsteingebiet führte (Rocklum), die Toneisensteine der Amaltheenschichten werden an Zahl und Mächtigkeit noch zugenommen haben. Der große Pyritgehalt anderer Schichten liefert die gediegenen Brauneisenerzbohnen (an gewisse Spuren von Konglomeratführung in Toneisensteinen der Amaltheenschichten erinnere ich nur nebenbei).

Eine Rekonstruktion des paläogeographischen Bildes zur unteren Kreidezeit zeigt also, daß der heutige Harz als solcher ebensowenig wie sein heutiger Nordrand damals irgendwie von entscheidender Bedeutung waren. Wir finden einen Innerste-Muldenhöhenzug mit 2—3 Sattelzonen und trennenden Mulden, die große Goslar-Harzburger Weißjuramulde und die große Keupermasse zwischen Schimmerwaldecke, Fallstein und Hoppelberg. Die Streichrichtung dieser Gebilde kreuzte das heutige Streichen und scheint etwa senkrecht zur herzynischen Richtung als NNW-SSO-Streichen angenommen werden zu können. Die ganze Mulden- und Sattellandschaft tauchte offenbar langsam nach Norden ein, so daß sie im Süden größere Bedeutung für die Faziesverteilung besaß. Die festländische Verwitterung zur Wealdenzeit hatte bereits eine Art Umkehrung des Reliefs erzeugt, insofern als die Goslar-Harzburger Weißjuramasse, von Bohrmuscheln angebohrt und kaum mit Rollerz überschüttet, ein Hochgebiet mit allen Anzeichen einer lange bestehenden Untiefe darstellte. Ebenso besaßen die Faltenzüge des alten Innerste-Muldenhöhenzuges ein ungefähr dem Streichen der Schichten entsprechendes Relief, bei dem die harten Bänke Schichtenkämme, die weichen Schichten ausgeräumte oder aufgefüllte Mulden darstellten. Zu diesem ganzen Gebiet müssen wir uns in der Gegend der Wurzel der subherzynen Mulde, des Flechtinger Höhenzuges und des Ostharzes eine Ostküste denken. Nahe dieser Ostküste finden wir gebleichte Sande, die zum Teil nicht mehr im Meer abgelagert worden sind; wir sehen, wie die Vegetation des Neokoms aufrechtstehend von Sand verschüttet wurde, wir finden die Wurzelstrünke erhalten und die einzelnen Pflanzenreste etagenweise übereinander geordnet. Kohlige Substanz kann die Sande braun färben und anderes mehr. Im Bereich der Blankenburger Bucht und des Clusbergbeckens finden wir ebenfalls Ablagerungen recht flachen Wassers; senkrecht, den Vorderrand nach hinten gerichtet, finden wir die doppelschaligen Klappen der Panopaeaarten eingegraben, so wie sie lebten, wobei die Individuengröße nach Westen zu abnimmt. Noch in den Rollerzen des kleinen Fallsteins (z. B. am Krähenberg) habe ich solche senkrecht im Sediment stehenden Muscheln beobachten können. Schon im Bereich des Hoppelbergsattels schaltet sich an der Basis des Neokoms geringmächtiges Rollerz ein, nur aus recht harten Erzbohnen, vermischt mit stark geglätteten Quarzen, bestehend, in dem ich die Wohnkammer eines

Amaltheus costatus als Rollstück fand. Diese früher bei Preußisch-Börnecke abgebauten Erze sind ausgesprochen sauer und erinnern in vieler Beziehung ganz außerordentlich an die Rollerze an der Basis des Neokoms des Teutoburger Waldes in der Gegend von Altenbeken. Vom Fallstein nach Norden verarmt die Erzführung ganz zweifellos. In der Asse ist sie ebenso unvollständig wie am Nordflügel des Fallsteins, wo sie zum Teil schon ganz fehlt, und in der Gegend von Braunschweig. Die Bohrung Hornburg hat gezeigt, daß sich am Südflügel des ausgedehnten Erzausbisses des südlichen Fallsteins das gewöhnlich sonst ziemlich grobe Erzlager feinkörnig in einem mergeligen, darüber äußerst fossilreichen Ton seewärts verliert und nach Nordwesten zu ausklingt. Von dieser Grenze aus führt uns die seewärtige Umrandung der Eisenerzschüttung über die Bohrungen auf dem Flachstöckheimer Sattel nach der Umbiegungsstelle des Salzgitterer Höhenzuges bei Gustedt, wo sich das bei Haverlahwiese liegende, noch bis 60 Meter mächtige Erzlager fein oolithisch in ähnlichen mergeligen Tonen wie bei Hornburg mit 8 Meter Mächtigkeit locker auflöst, um sich dann bald in Richtung NW zu verlieren. Von da aus muß die Grenze in groben Zügen NNO-SSW verlaufend nach Süden weitergeführt werden bis in die Gegend nördlich Könneckenrode und Bodenstein, wo einzelne Fetzen groben Erzes die Nähe einer ehemaligen Südküste oder südlichen Untiefenreihe ahnen lassen. Petrographisch existieren nun ganz verschiedene Erztypen. Wenn man von Norden her am Westflügel des Salzgitterer Höhenzuges sich am Ausbiß des Erzlagers nach Süden bewegt, so kommt man aus den schwach in mergelige Tone eingestreuten Oolithen in dichte, feinkörnige, gut aufbereitete oolithische Erzmassen, unterlagert von dunklem Ton. In der Gegend von Bartelszeche wird Erbsengröße als durchschnittliche Korngröße bereits überschritten. Die Angulatenkalkbänke treten unmittelbar in den Untergrund und sind von Bohrmuscheln angebohrt. Geht man von dort noch weiter nach der Finkelkuhle, so unterbrechen viel mehr taube, sandige und tonige Zwischenmittel das Lager. Die Korngrößen sind viel bedeutender, Bruchstücke pyritischen Holzes aus der Rhätformation, Keupersandsteinbruchstückchen, Phosphorite und anderes stellen sich ein, angebohrte Gerölle, oft zerstörten Steinmergelbankköpfen des mittleren Keupers entsprechend, finden sich, wobei $^2/_3$ der Tiefe der Bohrmuschellöcher, soweit sie größer sind, bereits der Abrollung anheimgefallen ist. Dickschalige Muscheln

spielen eine Rolle, die große Exogyra Couloni bildet an Ort und Stelle gewachsene Klumpen, Röhrenwurmkolonien bilden kugelförmige Knoten, große Pectenschalen liegen dazwischen. Noch weiter südlich versandet das Erzlager ganz, das Erz verliert sich in Grünsand. Ein ähnliches Bild bekommt man, wenn man am Ostflügel des Salzgitterer Höhenzuges im Bereich der Aufschlüsse der Grube Fortuna nach Süden geht, wo wir ebenfalls ganz grobe Korngrößen, stark ausgebohrte Gerölle und an Ort und Stelle entstandenen Triasschutt beobachten können, während sich nach Norden zu kleinere Korngrößen geltend machen und schwarze Tone Erzlager und Unterlage trennen; immerhin aber bleibt man hier im südöstlichen Hinterland der Oolithschüttung, die sich erst bei Flachstöckheim erheblicher geltend macht. Wir schneiden also überall in den subherzynen Faltenketten spitzwinklig alte Saumschüttungen vom Brandungsschutt bis zu gut aufgearbeiteten und klassierten Trümmererzen und chemisch entstandenen Oolithen, und ganz weit draußen sieht man, daß diese feinen Korngrößen gar nicht mehr in direkten Beziehungen zum alten Küstenverlauf stehen, sondern offenbar bereits den Gesetzen des Küstenversatzes unterliegen und sich in anders gearteten Sedimenten, den Schlämmen des natürlichen Aufbereitungsvorganges, verlieren. Der Rekonstruktion der Faltenzüge entsprechend, wie sie die neokome Meeresüberflutung vorfand, müssen wir die senkrechte Querachse von der Finkelkuhle nach Nordwesten gerichtet uns vorstellen; also etwa in Richtung auf Kleinelbe durch einen Punkt nördlich Haverlah. Es würde also eine Parallellinie dazu, von der Gegend südöstlich Gitter am Berge nach Ringelheim gerichtet, den Saum gleichfalls auf kürzestem Wege durchmessen. Wir hatten oben begreiflich zu machen versucht, wo das große Areal gelegen hat, das außer den geschilderten Sattellinien des Innerste-Muldenhöhenzuges die Hauptmasse der Trümmer des Juraerzes geliefert hat. Hier ist auf weite Strecken, vor Ablagerung von Schichten der unteren Kreide, Dogger und Lias zerstört worden und danach der sandige obere Keuper. Wir haben also der Reihenfolge nach, wahrscheinlich unter Mithilfe der Gezeiten, zuerst einen starken Transport von Tonen und Rollerzen von Südost nach Nordwest und späterhin von Sanden, schließlich wieder von Tonen des mittleren Keupers und Steinmergelbrocken. Auch Muschelkalk lieferte die Ostküste, wie die weißgebleichten Hornsteine des oberen Teils des mittleren Muschelkalkes im Erzlager des kleinen Fallstein

an der Asse beweisen. Dieser Abtragungsfolge entspricht die begreifliche Erscheinung, daß die Erzlager sowohl des Fallsteins wie auch der Goslar-Okerer Gegend recht lückenhaften, lockeren Charakter besitzen. Den nach Nordwesten zu verfrachteten Massen stellten sich von Südwesten her sperrend die alten Sättel des Innerste-Muldenhöhenzuges entgegen, deren Zerstörung frisches Phosphorit- und Eisensteinmaterial, aber auch Sandstein, Muschelkalk und Keuperton nach Nordosten frei werden ließ. Die Mulden, soweit sie aus weichen oder ausräumbaren Gesteinen bestanden, ertranken im Eisenerzschutt, die Sättel wurden recht unvollständig überwältigt, vollständiger am Nordende, gar nicht im Südwesten. Diese ertrunkene Wealdenlandschaft zerfällt in drei Abschnitte. Der am stärksten gesunkene Teil kam überhaupt nicht in den Bereich der Brandungswogen, sondern war von Anfang an Sedimentationsgebiet. Hier finden wir häufig dunkle Tone unter dem Erzlager. Ein anderer Teil, besonders an den Vorgebirgen, die sich der Tektonik entsprechend herausbildeten, war lebhaftester Zerstörung und Auswaschung durch Brandung, Bohrmuscheln usw. ausgesetzt, ehe auch sie die Schüttung überwältigte, wobei eine ausgesprochene Klippenfazies resultiert. Und schließlich haben wir Hochgebiete, die während der ganzen Zeit Klippen- und Untiefennatur zeigen. Welchen Einfluß hatten nun die ozeanographischen Verhältnisse auf die Tierwelt? Ständig in Bewegung befindlicher Geröllgrund gestattet der Tangvegetation nicht immer reichliches Gedeihen, auch für Fische wird der Grund nur zeitweilig ein günstiges Nährgebiet abgegeben haben. Aber für festsitzende Tierarten, besonders solche, die klares, sauerstoffreiches, gut durchsonntes, normal gesalzenes Wasser lieben, war das ein Lebensgebiet mit sehr wechselnden Standortsverhältnissen. Sie lebten außerhalb der ständigen Trübungen, wo nach der offenen See zu freie Verbindung war. Sie fanden das Optimum ihrer Entwicklung an den Klippen und Untiefen, auf den Steinmergelbankrippen des mittleren Keupers und seiner Sandsteine, einschließlich der Rhätsandsteine, weniger als in den Kalksteinriffgebieten der Weißjuramasse von Goslar, Oker, Harzburg und den Muschelkalkrippen des Dörnten-Othfresener Präneokom-Sattels. Außerdem aber auf den Teilen des Meeresgrundes, die die Wasserströmung vor Überschüttung bewahrte. Von diesen Gebieten fanden natürlich auch Abtransporte und Aufbereitung statt, grobschalige große Arten, mittelgroße organische Klassierungen, wie Seeigel, Brachio-

podenschalen und Kalkschwämme, ferner kleine organische Korngrößen, Trümmer, Echinodermen-Stacheln, Foraminiferen und dgl. Diese Kalkschwammriff-Fazies, erzfrei, mit gut erhaltenen, zahllosen Individuen, aber nicht allzu vielen Arten, tritt rein auf am nördlichen Flügel des Fallsteins in der Gegend von Rocklum, während der Südflügel einen viel unreineren Mergelkalk mit grobem Rollerz und wenig Versteinerungen führt. Hier schwimmen die Erzbohnen in der Kalkmergelfazies. Ähnliches finden wir an der Asse, wo eine lose Erzbohnenstreuung in die fossilreiche Kalkschwammfazies hineinreicht, die aber etwas grobkörniger ist als die reine Organismen-Anhäufung und lagenweise Einschaltungen eines fein zerriebenen Muschel- und Brachiopodenschalenkalksandes führt. Bei Bornum und von dort in Richtung Braunschweig herrscht die reine Organismenfazies vor, um sich dann sicher auch im tieferen Wasser ganz zu verlieren. Etwas Ähnliches umschließt auch den Dörnten-Othfresen-Upener Muschelkalksattel, wo wir im tiefsten Teil des Erzlagers der Grube „Georg Friedrich" geringmächtige Kalkbänke beobachten, wo sich in Richtung auf die alte Untiefe an der Grenzlerburg eine mächtige Kalk- und Mergelserie des Neokoms einschaltet, deren tiefste 6 Meter eine so glückliche Mischung von Organismenschalen und Erzbohnen mäßiger Korngröße aufweisen, daß ein recht brauchbares, kalkiges Erz resultiert. Sehr interessant ist dabei die tiefste Bank, wo sich ein grobes Haufwerk schlecht gerollter Gesteinstrümmer findet. Weit über kopfgroße Blöcke von Muschelkalk, dem Muschelkalksattel im SW entstammend, und kleine Muschelkalkbrocken bilden die Lokalfazies. Edelrindenverwitterung zeigende Geoden mit dicker Erzrinde und taubem Tonkern finden sich in kaum verletztem Zustand; sie enthalten zuweilen grobe Eisenbohnen, obwohl sie in feinkörnigem Medium eingebettet sind. Und im übrigen schwimmen die großen Erzbrocken, meist Geodenschalentrümmer, in rein kalkiger Grundmasse, so daß man Erz vom Typus Bülten-Adenstedt vor sich zu haben glaubt. Diese Ablagerung am Ausbiß des Salzgitterer Höhenzuges kennt man nur an der Stirn des Dörnten-Upener Sattels. In Richtung auf Salzgitter finden wir eine erzfreie Lücke von 800 Metern zwischen den Erzfeldern Ida und Salzgitter, wo dann das Erzlager, was schon vor der Lücke auf kurze Erstreckung der Fall ist, gröbere Korngröße zeigt, in viel tonig-sandigerem Medium liegt und nur ganz unbedeutende Bänke mit nicht bemerkenswertem Kalkgehalt

aufweist und zwischen Gitter und der Finkelkuhle überhaupt versandet.

Für die Aufsuchung des Erzlagers ergaben sich hiernach folgende Gesichtspunkte: Erstens muß die Zone vermieden werden, wo zu den Trümmererzbestandteilen zu viel taubes Triasmaterial hinzutritt, wie das im Bohrmuschelbereich meist der Fall war. Zweitens muß die Klassierung durch natürliche Aufbereitung ein sehr hohes Maß erreicht haben, da dadurch der Eisengehalt erheblich verbessert wird. Drittens darf diese für geringere Korngrößen geltende Beschaffenheit nicht in einem Gebiet aufgesucht werden, wo bei der Erzstreuung zu viel Sand und Ton durch grabende Organismen oder auf anderem Wege, besonders durch Küstenversatz, beigemengt wurden. Viertens liegt ein besonderer Vorzug in den am längsten transportierten oolithischen Erzmassen, die, dem Küstenversatz unterliegend, die steilste Böschung der Schüttungshalde seewärts einnehmen können. Wirklich zur Ruhe kommen sie erst in Wassertiefen, wo auch der stärkste Sturm nicht mehr imstande ist, den Untergrund aufzurühren, unbeschadet ihrer Entstehung in flachem Wasser. Das Sammelgebiet muß also während der ganzen Zeit gesunken sein oder als senkendes Aufnahmegebiet sich bewährt haben. Fünftens ist ein besonderer Nachteil der Salzgitterer Erze der mangelnde Kalkgehalt, der gewöhnlich nur 3 bis 4 % beträgt. Dem könnte abgeholfen werden, wenn sich von einem anderen Faziesbereich eine ständige, ungestörte, gleichmäßige Streuung von Organismenschalen mit der Erzablagerung, also von dichtbewohnten, durchaus nicht notwendigerweise aus Kalk bestehenden Untiefen, die küstenwärts dazu zu liegen hätten, verzahnte. Beide Komponenten müßten also unter Umständen von verschiedenen Seiten kommen und sich am dritten Ort treffen. Eine Erhöhung des Kalkgehaltes tritt auch durch natürliche Aufbereitung und Anreicherung in den feinkörnigen Außenzonen ein.

Das Erzlager ist also älter als die ausgeprägt hercyne Streichrichtung, wie wir sie in der Nordbegrenzung des Harzes im Streichen des Harlyberges, des Hoppelbergsattels, des Fallstein, Huy und Hackels, der Asse, des Elm, des Staßfurt-Egelner-Rogensteinsattels und des Flechtinger Höhenzuges, andererseits in der subhercynen Kreidemulde, in der Blankenburger Bucht und im Clusbergbecken, in der Remmlingen-Pabsdorfer Kreidemulde, in der Schöppenstedt-Ohrslebener Bucht, in der Helmstedter Braunkohlenmulde und im Lappwald ausgeprägt finden. Dieses ganze

System herzynischer Leitlinien kommt ja erst zur Entwicklung zur Zeit der oberen Kreide und wird immer ausgeprägter und deutlicher, je mehr Einzelphasen der saxonischen Faltung der Untergrund über sich ergehen lassen mußte. Die ganzen heute beobachtbaren Sattelkerne, darunter auch der Salzgitterer Höhenzug in seinem jetzigen Verlauf und der Lutterer Sattel, existierten eben zur Präneokomzeit genau so wenig wie der Harz, der Kyffhäuser, die Hettstedt-Könnerner Gebirgsbrücke, der Paschlebener Grauwackenvorsprung oder der Flechtinger Höhenzug, an dem sich besonders zeigen läßt, wie er zum ersten Male in der Emscherzeit sich ausbildete und große Teile seiner Bedeckung mit Schichten der unteren Kreide hergeben mußte, Reste eines Zerstörungsvorganges, der die Erzlager vom Typus Bülten-Adenstedt bei Peine ableiten läßt. Durch die frühsenone Faltung erblicken zum ersten Male wieder die alten Gesteine des Harzes das Licht des Tages, die wir als Gerölle in den Senonschichten am Nordrand des Harzes von Ost nach West am Fohlenstall bei Thale, am Hellbach nordöstlich von Benzingerode, am Austberg bei Benzingerode, am Burgberg bei Wernigerode und am Galgenberg, am Klosterberg bei Drübeck und am Ahnberg, am Maishorn bei Ilsenburg und am Wienberg, am Bruckberg bei Stapelburg und am Wulfborn beobachten können, bis zum westlichsten Geröllfundpunkt von Eckernkrug in der Nähe von Hasselburg. Wir finden also hier auf 30 km streichende Länge an der Basis der oberen Kreide Gerölle von Kieselschiefern, Quarziten, Tonschiefern, Grauwacken, Grauwackenschiefer, Gangquarzen und grobkristallinen Kalken. Diese Gerölle ruhen im allgemeinen in Schichten der Quadratenkreide, der der Trümmersandstein vom Austberg bei Benzingerode und die Trümmerkalke des Ilsenburgmergels angehören. Jedenfalls ist es unwahrscheinlich, daß die Heraushebung der paläozoischen Schichten, die heute den Harz aufbauen, bereits in die Emscherzeit hineinreicht, wie das für den Flechtinger Höhenzug sich ganz ähnlich zeigen läßt. Bekanntlich fehlt Granit unter diesen Geröllen gänzlich. Er kann allerdings chemischen Verwitterungen unterlegen sein, ragte aber jedenfalls als orographische Erhebung nicht heraus. Diese ganze Betrachtung zeigt uns, daß der Harz als solcher damals zur Präneokomzeit in keiner Weise existierte. Sehr wahrscheinlich ist es dagegen, daß in einem quer über seinen heutigen Rumpf hinziehenden Sattel die Abräumung der Triasschichten eingeleitet war, so daß es möglich ist, daß wir von den Trümmern

dieser Gesteine in den Konglomeraten der oberen Kreide nichts mehr finden. Daß sich das Gebiet südwestlich an die Keupermasse zwischen Fallstein-Hoppelberg und Schimmerwaldecke anlehnte, ist außerordentlich wahrscheinlich. Wie weit in diesem Raum Schichten des Muschelkalkes noch an der unteren Kreide abschneiden, ist ungewiß. Jedenfalls aber ist die Zerstörung der Trias- und Zechsteinbedeckung hier bereits in prä- oder intraneokomer Zeit erfolgt. Außer den oben aufgezählten hercynischen Elementen gibt es aber im nördlichen Harzvorland eine ganze Reihe tektonischer Elemente, deren Verlauf die Leitlinien mit SSW—NNO-Erstreckung kreuzt. Die wichtigsten derselben überschreiten nicht allzu weit nach Osten die Linie des Okertales. Ihre Bedeutung scheint von dem Westende des Harzes nach Südosten hin merklich abzunehmen. Wir nennen die Keupersenke von Hessen, zwischen Fallstein und Huy, den Quersattel, der die Remmlinger Kreide- von der Pabsdorfer Juramulde trennt, die Keupersenke von Schwanebeck und Gröningen, zwischen Huy und Hackel, die Richtung der Bajonettverwerfung an den vorspringenden Winkeln des nördlichen Harzrandes bei Wernigerode und an der Schimmerwaldecke bei Harzburg, den dem Dorm vorgelagerten Rieseberg, den allerdings etwas anders streichenden Nußberg vor der Elmstirn bei Braunschweig und den Öselberg südwestlich des Westendes der Asse. Ferner gehören hierher der Salzhorst von Flachstöckheim, der Quersattel des Salzgitterschen Höhenzuges bei Salzgitter, der heute stark herzynisch umgeprägte Harlyberg, der Lutterer Sattel und der Westabfall des Harzes. Kurz, es handelt sich immer wieder um dieselbe Richtung, die wir auch weiterhin im Nordwesten eine große Rolle spielen sehen, und der auch die Verwerfungen angehören, die die Reihenekzeme des Allertals seitlich voneinander trennen und abstaffeln. Diese ganzen Gebilde mit ihrer Streichrichtung quer zur herzynischen Richtung sind aber chronologisch nicht einfach zu trennen oder als älter zu bezeichnen, wie die übrigen Faltengebirge des Harzvorlandes. Man denke z. B. nur an die Verhältnisse in der Gegend von Schandelah. Sie haben vielmehr alle die gleichen jungen und jüngsten Faltungen mit durchgemacht, vor allem auch die jungmiozäne, die die tektonischen Züge Mitteldeutschlands so außerordentlich verschärfte, da sie nach der intensiven kumulativen Kaolinverwitterung einsetzte, so daß der mechanische Abtragungseffekt ganz besonders groß war. Aber etwas Vorausgegangenes ist dieser eigentümlichen Doppelstruktur doch innewohnend. Bis

über die Oker hinaus hat eigentlich die nordnordöstliche Richtung die Oberhand, und es ist eine ziemlich scharfe Linie, die aus der Harzburger Gegend an der Stirn von Fallstein, Asse, Elm und Dorm entlangzieht, bei der im Kampfe beider Richtungen mit einem Male die hercynische die Oberhand behält. Für die Rekonstruktion der alten Falten läßt sich aber doch manches erreichen, und es wird das Westgebiet, wo die hercynische nicht die herrschende Richtung ist, geeigneter sein für die Rekonstruktion dieser neokom-oberjurassischen Gebirgsfalten, die der kimmerischen Phase der saxonischen Faltung ihre Entstehung verdanken. Ganz besonders gut geeignet ist dafür die Verbreitung der Salzgitterer Lagerstätte, weil hier der Untergrund vor Ablagerung der Sedimente der unteren Kreide bereits recht erheblich ausgeprägte, tektonische Züge aufwies, die durch die terrestre Verwitterung des Wealden weiter herauspräpariert waren. So kann man einigermaßen klare Vorstellungen darüber gewinnen, wie vor Ablagerung des Erzlagers im Gebiet des heutigen Salzgitterer Höhenzuges alte Faltenzüge verbreitet waren, die heute durch Querfaltung stark verschleiert sind, und deren Bau vermutlich nicht während, sondern erst nach Ablagerung des Neokomerzes erneute Belebung erfuhr. Diese parallelen Faltenketten hatten auch mehr oder minder südwest-nordöstlichen Verlauf, ihre Flanken zeigten teilweise Fallwinkel bis zu 45° und etwas mehr, wie man ziemlich genau aus einigen Bohrungen berechnen kann, und bestanden aus mehreren Sätteln und dazwischen liegenden Mulden. Ein schon zur Präneokomzeit recht mannigfaltig aufgebautes Gebiet, das wir Innerste-Muldenhöhenzug nennen wollen. Unter diesem Begriff verstehen wir also ein kleines Faltengebirge kimmerischen Alters, das als solches heute nicht mehr existiert. Noch nicht ganz unkenntlich gemachten Teilen des Innerste-Muldenhöhenzuges begegnen wir im Triassattel des Altwallmodener Vorsprungs (Lutterer Sattel), dessen Fallwinkel damals allerdings höchstens die Hälfte des heutigen Fallwinkels betragen hat. Wir begegnen dieser Richtung weiterhin in dem Muschelkalksattel, den die erzfreien Bohrungen der Ilseder Hütte in dem Gebiet zwischen Dörnten und dem Salzgitterer Höhenzug neu erschlossen haben. Und wir begegnen dieser Richtung ferner, durch Neufaltung allerdings ziemlich umgeprägt, in den Schichtkopfrippen der Trias im Liegenden des Erzlagers der Grube Fortuna. Verfolgt man nun die Verteilung des Lias im Untergrunde der unteren Kreide den Salz-

gitterer Höhenzug entlang, so scheint es, als wenn zwei solche Triassättel der alten Streichrichtung, nämlich im Gebiet Othfresen-Heissum und im Gebiet Steinlah-Haverlah zwischen Bartelszeche und Finkelkuhle drei Liasmulden trennend unterbrechen. Die alte Streichrichtung zieht also quer über den heutigen Höhenzug. Dadurch zerlegt sich der Salzgitterer Höhenzug, soweit er heute von NO nach SW streicht, von Immenrode bis Gustedt in folgende alte SW—NO-Falten präneokomen Alters. 1. Die Immenrode-Döhrener Liasmulde (Fortuna), 2. der Triassattel von Othfresen-Heissum, 3. die Salzgitterer Liasmulde, 4. der Triassattel von Steinlah, 5. die Gustedter Liasmulde. Wie weit der Dörntener Muschelkalksattel mit dem Triassattel Othfresen-Heissum und der Triassattel von Steinlah mit der Nordwestflanke des Altwallmodener Vorsprungs zusammenhängt, ist heute noch schwer zu entscheiden. Das Faltenmaschenwerk war ziemlich lose und unausgeprägt. Offenbar entspricht der Lias in der Gegend von Bodenstein (Heinberg) dem der Gustedter Liasmulde, der Lias an der Ostflanke des Altwallmodener Vorsprungs dagegen entspricht der Liasmulde von Salzgitter, am ausgedehntesten aber war die Liasmulde von Döhren-Immenrode, mit der das Aufreten des heute noch erhaltenen oberen Jura bei Goslar im Zusammenhang zu stehen scheint. An der Westseite des Harlyberges dagegen scheint es sich nicht um reine Aufsattelung innerhalb dieser Mulde zu handeln, sondern offenbar auch um eine erhebliche Verwerfung präneokomen Alters, wie wir deren, meist allerdings nicht so bedeutende, eine ganze Reihe im Bereiche des Salzgitterer Höhenzuges beobachten können. Wirft man nämlich einen Blick auf die geologische Karte, so sieht man, wie an dem östlich gerichteten Südvorsprung des Salzgitterer Höhenzuges in der Gegend von Immenrode das Neokom auf Lias, in unverhältnismäßig geringer Entfernung aber am Westende des Harlyberges auf tiefen Buntsandsteinschichten liegt. Hier ist offenbar eine recht wichtige präneokome Verwerfung vorhanden, genau so wie sie in geringerem Ausmaß im Bereich der Weststirn des großen Fallsteins von Thomas nachgewiesen ist.

Durch die Auffaltung des Innerste-Muldenhöhenzuges wurde das fragliche Gebiet zur Wealdenzeit Festland und Abtragungsgebiet. Die Abtragung des Weißjura machte besonders schnelle Fortschritte auf den Sattelachsen. So kam es auf einem ausgedehnten, heute durch Faltung viel stärker zusammengepreßten Gebiet zur Entblößung weicher, toniger Dogger- und Liasgesteine.

Die Tonmassen wurden fortgeführt; aber alles, was hart und widerstandsfähig war, in erster Linie also die Kalke, die Toneisensteinbänke und Geoden und die Oolith- und Trümmererzlagerstätten des Lias, reicherte sich an zu Lesedecken, die tiefer gelegene Teile der Landoberfläche panzern, soweit sie nicht chemisch angegriffen wurden. Dieses Faltenland stieg nach Süden hin an und senkte sich nach Norden hin, eine Bewegung, die nach der kimmerischen, orogenetischen Faltungsphase epeirogetisch vor sich ging. Durch diesen Rücksenkungsvorgang wurde das Faltengebiet vom Meer überschritten, dessen Südgrenze quer über die Sättel und Mulden hinweggriff und im übrigen in Abhängigkeit zu einer ziemlich weit davon gelegenen Ostküste stand. Die nordwestliche Kette und die hinter ihr gelegene Mulde geriet schnell unter die Wasserbedeckung, nur in der Nähe der Sattelachse (Finkelkuhle) und südlich finden wir wirkliche Brandungskonglomerate und ausgiebige Reste der Tätigkeit von Bohrmuscheln. Soweit am Südwestende dieser Kette sich starke Vorgänge ähnlicher Art abgespielt haben, sind die ursprünglich vorhandenen Trümmermassen während späterer Phasen der unteren Kreidezeit zerstört und beseitigt worden. Viel stärker der langsam wirkenden Brandung ausgesetzt war das Gebiet der südöstlichen Kette, wo in der Gegend von Dörnten und an anderen Punkten die Liasserie ganz zerstört und abgetragen wurde, soweit sie nicht schon terrestrischer Zerstörung anheimgefallen war. Die Zerstörungsvorgänge beschränkten sich lokal besonders auf diejenigen Stellen, wo der kimmerisch-präneokome Fallwinkel besonders groß war. Nach SW ausklingend und nach N bezw. NO gerichtet, lagerten sich die Trümmererzmassen in den Talzügen des präneokomen Innerste-Muldenhöhenzuges zwischen den Schichtrippen der harten Gesteine ab, soweit das Material überhaupt diesem engeren Gebiet seine Herkunft verdankt.

Auf Grund dieser Betrachtung werden folgende Gesetzmäßigkeiten in der Verteilung des Erzlagers verständlich. 1. Häufig ist die Erzablagerung rinnenhaft durch Untiefenreihen und Schichtrippenköpfe unterbrochen, deren Höhendifferenzen erst ausgeglichen werden mußten, ehe sich das Erzlager einigermaßen flächenhaft über den ganzen Höhenzug ausbreitete. Ein Vorgang, der nie so vollständig war, daß das Gebiet auch bei größter Ausdehnung der Ablagerung des Erzes jeweils ganz ohne erzfreie Untiefen war. 2. Nach NW, N und NO schloß sich das Lager über den über-

wältigten Untiefenketten, unter dem Deckgebirge des SW verliert es sich in zerlappten, erzfreien, noch weiter abgetragenen Gebieten. 3. Den Rinnen wird das grobe Material von beiden Seiten zugeführt, es kleidet meist die ganze Sohle derselben aus. Nach Überwältigung der Untiefen durch das Lager nimmt die Korngröße entsprechend ab und die Länge des zurückgelegten Transportweges des Materials zu. 4. Wir kommen also zur Unterscheidung zwischen einer Art Aufbereitungsglacis, einem Scheitelgebiet der „Schüttungshalde" und einer Art Haldensturz, der sich natürlich nur da frei entwickelt, wo sich das Erzlager wirklich nach der offenen See hinaus vorschiebt. 5. Dementsprechend wird die Korngröße kleiner und gleichmäßig, wo das Lager fern von Untiefen in Richtung nach dem offenen Meer angeschüttet wird. Während der Haldenfuß in von sturmbewegtem Wasser nicht erreichten Tiefen liegt, kam es auf der Haldenoberfläche und dem Schüttungshaldenscheitel durch Küstenversatz zu sekundären Massenumlagerungen, wobei die Aufbereitung und Klassierung zu gleich schweren Körnchen weiter und weiter ausgebildet wurde. 6. So kam es schließlich zum Wandern feinen, mehr oder minder kolloidalen Eisenschlammes, zur Überkrustung von Trümmererzbrocken und schließlich zur Neubildung oolithischer Erze, die in reiner Form meist nur noch für den seewärtigen Außensaum der vordringenden Ablagerung charakteristisch erhalten sind, obwohl ihr Bildungsbereich der Flachwasserstrand ist. 7. Anknüpfend an den Wellenschlag der offenen See, fern von den Wassertrübungen der natürlichen Aufbereitungsvorgänge, aber meist im Zusammenhang mit der Tangvegetation der geringeren Wassertiefen, gedieh in strand- und untiefennahen Bezirken, die den Lebensbedingungen günstig waren, eine reiche Fauna von Austern, Seeigeln, Brachiopoden, Kalkschwämmen usw., die ebenfalls einer seewärtigen Schüttung und Aufbereitung unterlagen und sich zu kalkigen, meist nur wenige Meter mächtigen, aber flächenhaft recht ausgedehnten, saumriffartigen Schillschüttungen an der unteren Grenze des Neokom anhäuften, deren Bildung zum Teil seitlich nacheinander in der Fläche erfolgt, wie wir sie am reinsten in küstennahen Gebieten außerhalb des Bildungsbereiches der Erzmassen finden, so nördlich des Fallsteins (Bohrung Wetzleben) an der Asse, in der Tiefbohrung bei Bornum, bei Braunschweig, bei Oker usw. Offenbar gibt es auch gar nicht oder kaum umgearbeitete authigene Kalkschwammriffe, wo die Reste außerordentlich gut erhalten sind.

Es führt zweifellos zu schwerwiegenden Verwechslungen, daß diese organogenen Mergelkalke in der Literatur, einem alten Begriff „Hilskonglomerat“ folgend, gewöhnlich ebenfalls als „Neokom-Konglomerat“ bezeichnet werden. Da ist es wirklich besser, wenn man von Kalkschwamm- oder Pharetronenfazies redet; so findet sich z. B. noch in der 1921 erschienenen Neuauflage des II. Bandes von „Beyschlag, Krusch & Vogt“: „Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine“ auf Seite 770/71 bei Besprechung der Brauneisensteinkonglomerate folgende Angabe: „Noch weiter entfernt liegen die Vorkommen bei Großvahlberg, Berklingen und Oesel östlich Wolfenbüttel, bei Achim und Rocklum östlich Börssum, bei Delligsen westlich Alfeld und Börnecke südlich Halberstadt.“ Diese Angaben sind dahin zu berichtigen, daß es z. B. bei Rocklum allerdings eine Trümmererzlagerstätte gibt, die aber dem mittleren Lias angehört und nicht etwa dem Neokom. Das Neokom dagegen ist an dieser Stelle gänzlich frei von Eisenerzbohnen, und die Kalkschwammriffe sind hier von selten schöner, fossilreicher Beschaffenheit und bieten dem Sammler reiche Ausbeute von Seeigeln und Brachiopoden. Aber auch eine Reihe der anderen angeführten Vorkommen gehören im wesentlichen den organischen Kalkschüttungen an, in die sich dann allerdings im Gegensatz zu Rocklum mehr oder wenig spärlich Erzbohnen einstreuen. 8. Erzfazies und Kalkschwammfazies kann sich verzahnen, wie sich die Erzbohnen auch in Ton-, Sand- oder Mergelschichten verlieren können. Wirtschaftlich wertlos sind diese durch ihren Kalkgehalt bemerkenswerten Mischgesteine, wenn sich grobe Erzbohnen einzeln einstreuen (Asse etc.). Hochwertig wird das Material dagegen, wo sich im tieferen resp. ruhigeren Wasser feine, edle Erzkörnchen und tierische Kalkschalen mischen konnten, wie das in beschränktem Maße an der Grenzlerburg beobachtet werden kann, und wie es die Tiefbohrung bei Ringelheim, die auf Grund solcher Erwägungen vom Verfasser angesetzt wurde, und die bei Flachstöckheim in so ausgezeichneter Weise zeigen. 9. Der Norden sank, der Süden stieg an; wo der Lias stark zerstört werden konnte, lag das Gebiet für optimale Entstehungsbedingungen von Erzanhäufungen häufig in der Nähe, vorausgesetzt, daß die Wassertiefe bedeutend genug war. War aber Lias auch nur auf einem Teil der Angriffsfläche beseitigt, so kamen bereits an diesen Stellen Triasschichten in den Zerstörungsbereich, so daß dem Erz taube Berge beigemengt wurden. 10. Das Liasmaterial wird dort

am umfangreichsten zerstört worden sein, wo der Fallwinkel der präneokomen Schichten bereits damals steil war. Von diesen Punkten wurden die Erzschüttungshalden verfrachtet nach präneokom-tektonisch ruhiger gebauten Stellen hin. 11. Das Erzlager liegt diskordant auf dem Untergrund. Das während des einzelnen Zeitabschnittes seiner Bildung überschüttete Erzareal war stets wesentlich kleiner als der Gesamtbereich, wo heute Erz vorkommt. Laterales Wachstum der Gesteinskörper ist charakteritisch für die Flachsee. Die einzelnen Schüttungslagen überschneiden sich. Wo in Ufernähe eben Erz abgelagert war, konnte es kurz darauf wieder zerstört und noch weiter weg transportiert werden. Wirkte ein Gebiet nur als Erzsammler, so wird es küstenferner gelegen haben und Zerstörungsvorgänge dieser Art nicht gebend, sondern empfangend durchgemacht haben. 12. Die theoretisch größte Mächtigkeit des Gesamtneokomerzlagers ist also zu erwarten an Punkten im nötigen Abstand von der Küste, wo zu allen Teilzeiträumen aufbereitetes Erz von der küstenwärts gelegenen Umgebung endgültig zur Ruhe kam. 13. Dazu gehören natürlich auch Wassertiefen, die auch bei stärksten Stürmen keine Welleneinwirkung auf den Untergrund mehr besaßen. Das Erzsediment wird dort gleichmäßige Korngrößen besitzen und gut aufbereitet sein und nach Auffüllung der Untiefe auch gröbere Korngrößen aufweisen. 14. Die einzelnen Erzlager des Neokomkonglomerates überschneiden sich außerhalb solcher Sammelgebiete diskordant, und das Lager ist dort stets mehr oder minder unvollständig[1]). 15. Außer dem Erzkonglomerat und außer der Kalkmergelfazies berührt das Neokom die Unterlage der Kreideschichten in anderen Arealen noch mit einer dritten Fazies, die man gewöhnlich als Hilssandstein bezeichnet, und die einen mehr oder weniger unreinen glaukonitischen Sandstein darstellt. Bei Goslar liegt der Hilssandstein unmittelbar auf oberem Jura, am Altwallmodener Vorsprung liegt er weithin auf unterem Jura, am Salzgitterer Höhenzug spielt er fast gar keine Rolle, nur in der Gegend von Gitter war er geringmächtig bekannt, ferner in Grube Fortuna und in den Bauen der Ilseder Hütte. Es gibt an der Basis der Kreide zweifellos Sandsteine, die mit dem Erzlager,

[1]) Ein neu erbohrtes sehr mächtiges Lager führt zu unterst rein kalkige, wenig aufbereitete Trümmererze, reinen Kalk, kalkhaltige Brauneisenoolithlager, feinkörnige Trümmer- und Rindenoolitherze, ebenfalls kalkig, darüber Lager mit zunehmender Korngröße und abnehmender Basizität, zuletzt mit deutlicher Quarzsandbeimengung.

das ja auch sehr verschiedene Altersstadien umfaßt, gleichaltrig sind. Der Hilssandstein des fraglichen Gebietes, der am Heinberg gleichfalls entwickelt und ebenso in dem Gebiet zwischen Gustedt und Baddeckenstedt zu beachten ist, nimmt in unserem Gebiete meist nur sehr hohe Neokomstufen auf und reicht zum Teil bis in den Gault. Weiter westlich im Gebiet des Teutoburger Waldes usw. stellte Stille für das Verhalten des Neokomsandsteines folgende, zum Vergleich äußerst bedeutsame Verhältnisse fest:

	Osning	Detmold	Altenbeken	Hilsmulde
Oberes Albien	Flammenmergel Grünsand des Osning	Flammenmergel Grünsand des Osning	Dunkle Tone mit Hoplites splendens Flammenmergel Gaultsandstein	Flammenmergel Minimus-Ton
Unteres Albien	—	—	Grünsand: unteres Albien mit Acanthoceras milletianum	Hilssandstein
Aptien	Osning =	Osning —	Grünsand: Aptien mit Acanthoceras Martini	—
Barrémien	Sandstein	Sandstein	Neokom	Hils-Ton
Hauterivien	—	—	Sandstein	—
Valanginien	Eisensteine an der Basis des Osning-Sandsteins ähneln petrographisch denen des Hoppelbergsattels	—	—	—

Es sei einschaltend bemerkt, daß Henry Schröder diese Sandsteine der unteren Kreide, die nach Osten hin auskeilen, gewöhnlich als Hilssandstein bezeichnet, sie aber praktisch zur

unteren Abteilung des Gault zieht. Es ist aber recht wahrscheinlich, daß sie in Wirklichkeit noch dem Neokom, mindestens zum Teil, angehören. Bei der ganzen Diskussion ist ferner eins zu beachten: Stolleys Nomenklatur lautet:

Ober-Gault	(Oberes Albien)	Gault.
Mittel-Gault	(Unteres Albien)	
Unterer Gault	(Aptien)	
Ober-Neokom	(Barrémien)	Neokom.
Mittel-Neokom	(Hauterivien)	
Unter-Neokom	(Valanginien)	

Die von von Koenen, Schröder und der geologischen Landesanstalt dagegen:

Albien =	Gault.
Aptien	Neokom.
Barrémien	
Hauterivien	
Valanginien	

Wichtig ist jedenfalls eins: Der Hilssandstein und seine tonigen Äquivalente transgredieren sowohl über Jura und Triasschichten als auch über älteres Neokom und Teile des Erzlagers diskordant. Dagegen sind die tiefsten Sandsteine noch Teilen des Erzlagers äquivalent. Damit kommt eine neue schwerwiegende Unbekannte in die Beurteilung des Auftretens des Neokomerzlagers hinein. Glänzend entwickelt ist das Erzlager oft da, wo der Sandstein, seinerseits sehr mächtig, konkordant auf dem Erzlager liegt, südwestwärts dagegen schneidet er das Erzlager diskordant ab, das kurz vor seiner Bildung gründlich zerstört wurde, so daß nur einzelne Partien davon verschont blieben und der organische Zusammenhang mit der Mergelfazies von Oker nachhaltig unterbrochen wurde.

Eine Untersuchung des Erzausbisses fortlaufend von Gustedt bis zur Finkelkuhle bei Salzgitter zeigt ganz im Norden feinstkörnig in Mergelgrundmasse spärlich eingesprengte Erzkörnchen, weiter südlich bis 60 m mächtiges, gut konzentriertes, feinkörniges Erzlager bei Haverlahwiese; Zunahme der Korngröße, der Flachwassererscheinungen weiter südlich, taube Lagen, sehr grobe Lagen, Triasgerölle, Bohrmuscheltätigkeit in der Finkelkuhle. Die Korngröße nimmt nach Gitter zu wieder etwas ab, Mergel und Kalkgehalt steigt in Richtung Grenzlerburg, wo saures Erz-

lager kalkiges Erz mit reicher Fauna und reinen Kalken überschneidet. Das beobachtete Profil Gustedt-Finkelkuhle — vom Ausklingen des Erzlagers im tiefsten Wasser bis zur Küstenzone reichend — durchschneidet die Saumbreite spitzwinklig und ist daher viel zu lang für die Dimensionen des Schüttungssaumes. Die Saumrichtung ist etwa SW/NO gerichtet. Die kürzeste Saumbreite liegt also senkrecht zu dieser Richtung. Der Saum ist nach Süden hin von der Hilssandsteintransgression abgeschnitten.

III. Erzlagertypen von Salzgitter

Den oben geschilderten Entstehungsbedingungen entsprechend finden wir eine ganze Reihe von Erzlagertypen, die den Bestand der einzelnen Aufschlüsse, die der Bergbau schafft, als sehr mannigfaltig erscheinen lassen. Diese partiellen Unterschiede finden sich sowohl räumlich nebeneinander in der Fläche, wie auch vertikal übereinander, und sie sind so zu erklären, wie es die Gesetze der natürlichen Aufbereitung verständlich machen.

I. Bei den allergröbsten Erzlagern finden wir ein Haufwerk grober Komponenten. Die Gestalt der einzelnen Trümmer ist trotz einer gewissen mehr oder weniger beträchtlichen Abrollung sehr variabel. Die Sandsteinbrocken sind der Schichtung entsprechend scherbenförmig, die Kalksteinbruchstücke sind kantig, die Toneisenbruchstücke zeigen die Wirkung der konzentrischen Verwitterung zu Eisenhydroxyd und sind dementsprechend oft schalen-, napfförmig- und hexenschüsselartig. Die Phosphorite besitzen meist noch ihre Eigengestalt. Die durch Verwitterung vermagerten Kerne von Toneisensteingeoden liefern taubes Material. Gewöhnlich ist diese grobe Fazies sauer entwickelt. Sie schließt sich unmittelbar an an Untiefen und Riffgründe, die mehr oder weniger lange die Bildungszeit des Erzlagers überdauert haben. Die gröbste Fazies liegt gewöhnlich wie auf Grube Fortuna direkt auf einer von der Brandung geschaffenen Abrasionsfacette. Die tauben Beimengungen liefern in zergangenem und zerriebenem Zustand Binde- und Zwischenmittel. Am mächtigsten ist das Erzlager entwickelt als grobe Schuttansammlung zwischen Schichtkopfrippen. Die Untiefen finden sich vor allem an Stellen mit unruhiger Tektonik. Die Bedeckung mit Eisenerz liefernden Juraschichten geht verhältnismäßig schnell verloren und es kommt meist zu reichlichen Beimengungen von Triasmaterial. Dem-

entsprechend ist das Aussehen dieser Erze gewöhnlich bunt, und es sind meist auch rote und grüne, dem Keuper entstammende Lettengerölle typisch für den Gesamtcharakter.

II. Diese Fazies geht nach Überwältigung der Untiefen gewöhnlich in feinkörnigere, aber noch ziemlich bunt gemischte Erze über, die schon etwas früher seitlich von der Untiefe als Äquivalent der groben Fazies auftreten. Hier schaltet sich aber zwischen Untergrund und Erz häufig ein dunkles Tongestein ein, das seiner ganzen Beschaffenheit nach ursprünglich reich an Einfachschwefeleisen gewesen sein muß.

III. Sobald die Untiefe überwältigt ist, ein Vorgang, der ja schrittweise vor sich geht, besteht leicht die Möglichkeit der Entstehung von Zwischenmittel, da sich lokales Material an der Sedimentbildung nicht mehr beteiligen kann. Rücken die an den Ausmündungen der Strömungsrinnen unter dem Einfluß des bei Ebbe abziehenden Wassers entstehenden Schüttungshalden wieder bis in das Gebiet der überwältigten Untiefen heran, so ist es häufig zum Niederschlag von Ton oder sandigem Ton oder Mergel gekommen, und in diesen Pausen der Erzbildung finden wir in tonigem Gestein Lagen mit natürlich aufbereiteten kleinen Zweischalern und zerfallenen Fischresten, zur Ruhe gelangten Ammonitengehäusen und kleinen Keupermergelgeröllen eingeschaltet, mit einem gewissen Gehalt an Phosphorsäure. Der Setzungskoeffizient dieser fossilreichen Tone ist gewöhnlich sehr beträchtlich.

IV. Wie Typus I. und II. besitzt auch ein anderer Erztypus vorwiegend grobe Gesteinsfragmente mit passiver Oberfläche. Dieser Typ besitzt ähnlichen Bau, ist aber gewöhnlich nicht felsigen Untiefen aufgelagert. Diese Erze sind wesentlich kalkreicher, ja sie kommen in ihrer Zusammensetzung dem Typus Bülten-Adenstedt recht nahe. Sie sind aufs engste verzahnt mit mergligen und rein kalkigen Bildungen und sind an die untere Auflagerungsfläche des Neokoms gebunden. Die Eisenerze entstammen gewöhnlich dem aus Lias bestehenden Untergrund und sind ihrer ganzen Oberflächenbeschaffenheit nach um so besser gerollt und um so feinkörniger, je jünger sie sind und je höher sie über der Unterkante liegen; die zunehmende Entfernung vom Nährgebiet wird dadurch besonders deutlich. An der Grenzlersburg ist dieser Typus besonders gut aufgeschlossen, aber nicht sehr mächtig, er ist aber auch erbohrt worden. Mit dem Aufhören der Eisenerz-

führung hören aber die Gesetzmäßigkeiten, die für einen natürlichen Schüttungs- und Aufbereitungsvorgang sprechen, nicht auf. Das grobe Basiserz besteht aus grobem Schill und enthält die gesamte, ziemlich artenarme, aber außerordentlich individuenreiche Fauna vom Typus des Pharetronenmergels des nördlichen Fallsteins und der Asse. Muscheln, Austern, Ammoniten, Brachiopoden, Echinodermen, Trümmer jeder Art, Seeigelstacheln und Kalkschwämme bilden die gesamte Grundmasse. Die Reste der Fauna sind nicht immer vollständig, aber gut erhalten und kaum gerollt. Zwischen ihnen finden sich Erzkörner, meist aus vollwertigen, sehr wenig gerollten Eisenerzfragmenten bestehend, ziemlich sperrig. Solche kalkigen Erze finden sich auch bankweise am Fallstein, wo sperrig große und kleine. meist etwas besser gerollte Erzbohnen in einer Grundmasse liegen, die durch Beimengung reichlicher Quarzkörner einen sandigen Mergel darstellte. Die Organismen bilden keine geschlossene Grundmasse, sondern liegen ähnlich verteilt wie die Erzbohnen. Es handelt sich meist um Crinoiden-Stielfragmente und Brachiopodenschalen. Auch an der Asse finden sich ähnliche, aber sehr schwach ausgebildete Erze in sehr fossilreicher Grundmasse. Was man bisher von diesem Typus kennt, zeigt deutlich, daß das Erz, verbunden mit der Organismenschüttung, einer ganz lokalen, uferwärts vorrückenden Untergrundlesedecke entstammt. Das gröbste beste Erz erreicht häufig noch nicht einmal die Mächtigkeit von einem Meter, schließt dann häufig mit einer gewissen Unterbrechung in der Sedimentation, so daß sich die große Exogyra Couloni und Alectryonien ansiedeln und ebenso wie die großen Pektenarten des Neokoms vollwüchsig werden konnten, da die Zufuhr an gröberem Material stockte und die Wasserbewegung für feinkörnigere Sedimentabsätze noch zu lebhaft war. An anderen Stellen geht das grobe kalkige Erz in weißlich dichten Trümmerkalk über, den dunkle Mergelflammen durchziehen und in dem noch vereinzelte grobe Erzbohnen und Organismenbruchstücke liegen. Die feinkörnigen Erze, wie man sie von der Grenzlersburg her kennt, zeigen ebenfalls solche sehr sperrig eingebettete, etwas besser gerundete und sortierte Eisenbohnen, stärker zerkleinerte, gerollte, mazerierte, zum Teil angebohrte Organismenschalenbruchstücke mit mehr oder weniger stark umkristallisierter Kalkgrundmasse. Sehr interessant ist der Vergleich der hier geschilderten Neokomerze mit den Erzen vom Typus Bülten-Adenstedt. Die Bohnen liegen genau so sperrig und wenig

gerollt, die Grundmasse besteht auch fast ausschließlich aus Organismenbruchstücken. Unter starker Vergrößerung erkennt man Schalentrümmer aller Art, Bryozoen, Echinodermenreste, perforierte Brachiopodenschalen und anderes mehr. Auch Inkrustationen von Erzbohnen durch Bryozoen kann man beobachten. Über dem kalkigen Neokombasiserz findet man dann häufig eine Serie von wechsellagerndem eisenschüssigem Mergel, weißem dichtem Kalk, Eisenbohnen führendem Kalk, schwarzgrauem Mergel mit wenig Erzbohnen, eisenschüssigem Kalk, Bänken gröberen Erzes und mittelkörniger Kalkerze. Diese kalkigen Mischerze zeigen im Dünnschliff vor allem Echinodermenreste, die an ihren Gitterkanälchen leicht zu erkennen sind, und Foraminiferen. Eine Abnahme der nun besser aufbereiteten organischen Korngrößen ist unverkennbar. An den Übergängen zu feinkörnigeren Erzen kann man rote und schwärzliche Mergelfahnen bei unregelmäßig taschenartigem Verlauf der Schichtgrenze beobachten. Die Kalkgrundmasse der Erze ist meist rötlich. Sie erscheinen durch die Organismenbruchstücke weiß meliert. Die vereinzelten großen Klumpen gelblichen Toneisensteins, die sämtlich von Bohrmuscheln durchbohrt sind, deren Hohlräume das Rotkalkerz ausfüllt, sind offenbar durch Tangbüschel erleichtert und bei Sturm in das Gebiet der feineren Korngrößen hinausgetragen worden; so finden sich auch vereinzelte starkwandige, braune Toneisensteinverwitterungsschalen. Besonders interessant ist im Hangenden dieser Ablagerung ein über 7 m mächtig werdender kristalliner Kalk. Oft ist er weißlich, mehr oder weniger dunkel geflammt und fossilführend. Häufig ist die Farbe der Flammung grün-grau, er kann weiß und kompakt oder auch grüngrau und dicht sein. In den stärker verunreinigten Partien findet sich eine grautonige, feinklastische Grundmasse, schlierenweis damit alternierend Schalentrümmerfahnen, mehr oder minder vererzte Spongiennadeln und Neubildungen eines grünen Eisensilikats. Das Gestein ist rein organogener Natur. Es sind zu feinen gleichmäßigen Körnungen durch ständige Wellenbewegung aufbereitete Organismentrümmer, und es gilt genau wie bei den feinsten Schalentrümmern in den Rippelmarkenfurchen der Außenseite der Sandplatten des Nordseeinselkranzes das Gesetz, daß nur die Schalen der kleinsten Lebewesen, die der Durchschnittskörnung der Kalktrümmer entsprechen, unversehrt erhalten sind. Dazu gehören in erster Linie die Foraminiferen, von denen besonders Textularien und Rotaliden

häufig sind. Ihre Hohlräume sind entweder mit klarem Kalkspat oder mit grünem Eisensilikat angefüllt, ähnlich wie die Gitterkanälchen der Echinodermenbruchstücke.

V. Ein weiterer Typ entspricht dem gleichen dynamischen Gleichgewichtsverhältnis wie der feinkörnige Neokomtrümmerkalk; das geht am besten daraus hervor, daß seine Erzkomponenten mit den eben geschilderten feinen Schalentrümmern, über deren Größe hinaus eine weitere Zerkleinerung durch die Wellenbewegung nicht mehr stattfindet, gleichfällig sind. Diese Lager besitzen dementsprechend einen sehr viel günstigeren Basizitätsgehalt als die üblichen sauren Erze vom Typus Salzgitter. Der Basizitätsgehalt kann 15 % überschreiten. Die Erze sind ausgezeichnet durch große Feinkörnigkeit, durch schwarz-rot-violette Farbe, durch Zusammensetzung aus Eisenooiden, deren Oberfläche einen eigenartigen silbrigen Hochglanz aufweist. Die Lager sind gewöhnlich so aufgebaut, daß die Korngröße nach oben zu zunimmt. Dementsprechend finden sich unten reine Vollooide, nach oben hin dagegen nehmen die Rindenooide und etwas gröbere Erztrümmer mit passiver Oberfläche zu. Es gibt natürlich auch untergeordnete rhythmische Schwankungen in der Korngröße; an der unteren Grenze kann mehr oder minder versteinerungsreicher schwärzlicher Mergel mit hellem Strich vorkommen mit vereinzelten gröberen Erztrümmern. Häufig sind auch Grabgänge von Organismen in glanzkörnigem Roterz, die dann mit tauber Grundmasse ausgefüllt sein können. Die Zwischenmittel stellen eisenschüssige Mergel dar, die einzelne Lagerpartien verunreinigen können. Sonst aber handelt es sich um ganz ausgezeichnete natürliche Konzentrate, wo die $^1/_2$ mm Durchmesser zeigenden glanzkörnigen Ooide in dichten Packungen auftreten. Die Grundmasse zwischen den Ooiden ist feinklastisch, ihre gröbsten Körner erreichen nur $^1/_{20}$ mm Durchmesser. Genetisch zeigt sich, daß die Oolithlager in engstem Zusammenhang mit den klastischen Erzlagern entstanden sein müssen. Auch in diesem Lagertyp kann grünes Eisensilikat vorkommen, ebenso neugebildeter Pyrit. Mit dem Zunehmen der Korngröße stellen sich häufig vollständig erhaltene Fossilien ein, die ihrem geringeren spezifischen Gewicht und ihrer komplizierten Oberfläche entsprechend die Körnung des Erzes an Größe übertreffen.

VI. Ein anderer Lagertyp zeichnet sich durch rötlich-graubraune Farbe aus. Auch diese Lager entsprechen gut aufbereiteten

Gesteinen, die etwas gröber sind, als der vorhergehende Erztyp. Die Zwischenmittel stellen gewöhnlich grautonige Mergel dar, die manchmal mit Trichites- und Exogyrabänken abschließen; z. T. finden sich auch spärlich verstreut Eisenerzbohnen; besonders an der Basis dieser Erzlager sind Partien vorhanden, wo die Zwischenmittel und die Erzlager nicht genügend scharf voneinander getrennt sind durch natürliche Aufbereitung. Die Lager sind dann durchwachsen von Grautonschmitzen und die Qualität ist dementsprechend vermindert. Die Tonschmitzen zeigen häufig den Charakter von Organismengrabgängen und zeigen, daß ursprünglich eine bessere Entmischung von Erz und Grundmasse vorgelegen hat, die durch die Tätigkeit der Lebewesen wieder gelitten hat. Nach den besseren Teilen der Lager hin werden diese Mergelschmitzen immer unbedeutender. Diese Lagerstätten bedürfen daher z. T. künstlicher Aufbereitung, der Gehalt an Organismenresten ist oft recht bedeutend. Die echten Ooide treten mehr oder minder vereinzelt auf, und gerollte Sandstein- und Phosphoritbruchstücke machen sich mehrfach geltend. Man kann gewöhnlich eine grobe Garnitur von 2—5 mm Korngröße unterscheiden und eine feine aus Ooiden und Rindenooiden bestehende, außerdem noch die Grundmasse. Besonders häufig sind Foraminiferen, Austern, Röhrenwurmkolonien und Seeigelbruchstücke. Manche Erze stellen ein völliges Gemenge von Seeigelstacheln und Eisenbohnen dar. Manchmal finden sich Körner eines grünen Eisensilikates. Die tonige merglige Grundmasse ist grau und rötlich.

VII. Gut konzentrierte Erze stellen auch gewisse feinkörnige, höchstens bis Erbsengröße erreichende rote Lager dar, in denen gut abgerollte Erzteilchen mit passiver Oberfläche und Rindenooide mehr oder weniger getrennt oder vermischt die Hauptrolle spielen. Diese roten Lager haben als besondere Kennzeichen eine reichliche Färbung von grünem Eisensilikat, das das gesamte Maschenwerk zwischen den Eisenkörnchen ausfüllen kann. In diesen Lagern kommt aber auch reiner Kalkspat als Grundmasse vor. Die größten Korngarnituren bilden die Phosphorite. Die Grundmasse ist sehr feinklastisch, besonders in den hangenden Partien. Die Zwischenmittel spalten häufig gut nach der Schichtung und besitzen einen weißgrauen Strich. Die Grundmasse des Erzes ist häufig rötlich und führt z. T. Quarzkörner. Auch hier kann der Rotmergel Grabgänge ausfüllen. Der Querbruch der Bohnen mit passiver Oberfläche ist häufig von fast

erdiger Farbe; soweit sie noch aus kaum verwittertem Toneisenstein bestehen, ist die Farbe grün-grau; oft ist die Tongrundmasse auch schwarz-rot. Der Strich des Erzes ist dunkelgelb. Die eingelagerten Schalentrümmer sind häufig mit dem grünen Eisensilikat imprägniert. Foraminiferen sind ebenfalls nicht selten. In den gröberen Lagern ist die Beimengung von Triasmaterial oft zu erkennen. Im Hangenden eines solchen Lagers wurde ein glaukonitischer fester Grünsand mit braunen Wolken 3 mm großer Brauneisenkörner beobachtet.

VIII. Der Typus der braunen Lager, die häufig geologisch jünger sind als die vorhergenannten Typen — besonders die rein kalkigen Erze und Oolithlager haben meist verhältnismäßig hohes geologisches Alter —, leitet über zu den groben und bunten Erzen, die wir weiter oben geschildert haben. Sie stellen sich dann ein, wenn die tieferen Senken mit den feineren und konzentrierten Erztypen ausgefüllt sind oder wenn das Gebiet von vornherein ziemlich flach und Untiefen-nahe war. Ihre Korngröße, die höchstens mit einem Zentimeter und darunter angegeben werden kann, gestattet bei der Aufschüttung schon einen etwas steileren Schüttungs- und Böschungswinkel. Die Oolithe fehlen in diesen Lagern keineswegs, treten aber ziemlich zurück. Charakteristisch ist die Buntkörnigkeit der Erze. Manchmal findet sich blutroter Keuperlettenschlamm, ferner rot, grün, weißlich-gelb, braun-gelb, braun und schwärzlich gefärbte Körner, die schon anzeigen, daß schon ziemlich stark verwitterte und imprägnierte, aus den verschiedensten tauben Gesteinen bestehende Fragmente eine wichtige Rolle spielen. Triasmaterial ist stets vorhanden und die Erze bedürfen unbedingt der Aufbereitung, zumal da besonders auch nach den Oberkanten hin Sandkörner in der Grundmasse gar nicht selten sind. Auch Gerölle von grünen und roten Letten des mittleren Keupers stellen sich hier wieder ein. Grünes Eisensilikat kommt vor, spielt aber meist eine recht untergeordnete Rolle. Reichlich vorhanden sind Phosphorite. Auch Sandsteinscherben finden sich regelmäßig.

IX. Der Typus der grauen Lager findet sich gewöhnlich am Übergang der braunen Lager gegen das Hangende des Neokomerzlagers überhaupt, besonders dann, wenn Hilssandstein sich darüber entwickelt. Die Korngröße ist oft ziemlich fein (2 mm). Das Bindemittel ist tonig-kieselig mit farbenreichen Quarz- und anderen Körnern, die ein grün-grau, schwarz-braunes Mosaik

bilden. Das Mengenverhältnis zwischen Quarzkörnern und Tonschlamm ist außerordentlich wechselnd. Die Erzbohnen sind mehr oder minder sperrig eingelagert. Die grauen Lager scheinen meist durch Umarbeitung der braunen entstanden zu sein.

X. In dem am Westfügel des Salzgitterer Höhenzuges zum Teil sehr mächtigen Neokom und Hilssandstein finden sich über dem Erzlager außer einem charakteristischen roten Sandsteinhorizont, der an die Verhältnisse von Altenbeken erinnert, eine Reihe von kleinkörnigen konglomeratischen Einlagerungen, in denen aber außer Eisenerzbohnen gewöhnlich so viel rote und grüne Keuperletten enthalten sind, daß der Erzgehalt nur 10 bis 15 % beträgt. Diese geringmächtigen Hilssandsteinerzlager haben voraussichtlich überhaupt keine praktische Bedeutung. Theoretische Bedeutung haben sie insofern, als sie vielleicht Zerstörungen von Teilen der Neokomerzlagerstätte bei der übergreifenden Ablagerung der Sandsteine der unteren Kreide darstellen.

Erläuterung zu Taf. XI.

Fig. 1.

Vergleichserz aus einer kalkigen Bank im Neokomerzlager östlich Rhoden am Fallstein. Kleine und große, mehr oder weniger gut gerollte Brauneisenbohnen liegen sperrig und sich meist nicht berührend in einer sandigen mergeligen Grundmasse. Die Erzbohnen besitzen alle passive Oberfläche. Etwas weniger zahlreich wie die Erzbohnen finden sich Crinoidenfragmente, die ebenfalls Abrollung zeigen und auf der Photographie lichtweiß hervortreten. Bei dem wellblechförmigen Gebilde, das sich an die größte Erzbohne anlehnt, handelt es sich um einen Querschnitt durch die Schale einer Rhynchonella. Bei diesem Erztyp würde die Aufbereitung den Eisenprozentgehalt nicht unerheblich steigern. Der Kalkgehalt ginge aber allerdings zusammen mit den Quarzkörnern verloren.

Fig. 2.

Kalkiges Neokomerz von der Greuzlersburg am Westflügel des Salzgitterer-Höhenzuges. Meist gerundete Körner liegen etwas sperrig und besser aufbereitet wie im Fallsteinerz in einer kalkigen, stark umkristallisierten Grundmasse, die aber immerhin noch zahlreiche mehr oder minder gut erkennbare Organismentrümmer führt. Die Kalkschalenbrocken zeigen häufig feine Anbohrungen. Die Bohrkanälchen sind mit Eisenschlamm gefüllt, der auch die Kalkgrundmasse verunreinigt.

Fig. 3, 4, 8.

Neokomkalk aus dem Hangenden eines grobklastischen, reinkalkigen Erzlagers. Das Gestein ist meist weißlich, etwas dunkel geflammt, zum Teil auch grünlich-grau gefärbt, fest, dicht und etwas kristallin. Die einzelnen Partien erweisen sich als weiß und

kompakt, als weißlich und grün-grau geflammt und als grün-grau und dicht, zum Teil auch mit makroskopisch erkennbaren Crinoidenresten. Das Gestein ist ein organogener Trümmerkalk von sehr feiner Korngröße und besitzt den Charakter eines durch Wellenaufbereitung entstandenen Kalksandes, der ausgiebig natürliche Aufbereitung durchgemacht hat. Die Trümmer von Muscheln, Brachiopoden, Echinodermen, kurz der ganzen Flachsee-Fauna, finden sich, außerdem auch Reste von Kalkalgen. Ähnlich wie in den feinsten organischen Aufbereitungsgrößen an der Nordsee finden sich Foraminiferen als einzig unversehrt erhaltene Gebilde. In dem Kalk sind Neubildungen eines frischgrünen Eisensilikats zu beobachten, das häufig die Foraminiferenschalen erfüllt, wie auch die Perforationen von Brachiopodenschalen und die Gitterkanälchen von Echinodermenbruchstücken. Die grüne Masse findet sich stellenweise auch in einzelnen Körnchen. Im übrigen sind die Hohlräume häufig mit Kalkspat erfüllt, seltener mit Manganerz. In den sehr unreinen, mit dunklen Tonen geflammten Partien erkennt man im Dünnschliff eine grautonige Grundmasse und schlierenweise damit alternierend Fahnen von Schalentrümmern. Außer dem Vorhandensein von Eisensilikat fallen vererzte Spongiennadeln auf. Von Foraminiferen sind besonders häufig die Genera Textularia, Cristellaria, Rotalia, Dentalina, Vaginulina. Der dichte Kalk geht nach oben in einen erzgesprenkelten Trümmerkalk über und weiterhin in ein kalkmeliertes, teils oolithisches, teils klastisches Erz von 1 mm Durchschnittskorngröße und darüber schließlich in ein rot-violettes, glanzkörniges Eisenoolithlager.

Fig. 5, 6.

Kalkiges, stratigraphisch sehr altes Erzlager. Die Grundmasse gleicht durchaus der Kalkschwamm-Mergelfazies des nördlichen Fallsteins und der Asse. Die Kalkmasse ist nur viel dichter und reiner, und es findet sich kristalliner Kalkspat Die Fauna ist gut erhalten und nicht sehr stark gerollt. Außer Pharetronen sind Echinodermen-, Brachiopoden- und Muschelfragmente zu sehen. Seeigelstacheln und Bryozoenkolonien finden sich häufig. Das Eisenerz ist ziemlich grobkörnig und besteht aus guten, vollwertigen Brauneisenbohnen mit passiver Oberfläche, aber nicht sehr gleichmäßiger Abrollung, die sperrig in dem kalkig kristallinen, organogenen Gestein eingebettet sind. Die Bohnen liegen ähnlich wie im Bülten-Adenstedter Erz. Wie dort sind auch hier die Bruchstücke ziemlich eckig und ebenso schlecht sortiert wie die kaum gerollte Fauna. Nach dem Hangenden hin geht das interessante Gestein über in weißlich-dichten Trümmerkalk mit dunklen Kalkmergelflammen und mit einzelnen großen Schalentrümmern und Erzbohnen.

Fig. 7.

Vergleichserz vom Typus Bülten-Adenstedt. Die Bohnen sind schlecht gerundet und wenig aufgearbeitet, sie liegen sperrig in kalkiger Grundmasse, die in ihrem Aufbau und ihren organogenen Komponenten an den Neokomkalk erinnert. Im Schliff liegt darin eine größere perforierte Brachiopodenschale, außerdem finden sich viele Foraminiferen, besonders Textulariden, Schalentrümmer, Bryozoen, Echinodermenreste und angebohrte Kalkbruchstücke, in einer feinkristallinen Grundmasse liegend. Die hier und ebenso häufig im Neokomerz zu beobachtenden Anbohrungen stimmen gut überein mit den von Pratje (Cbl. f. Min. etc. Jg. 1922, Nr. 10, S. 299—310) als Chaetophorites gomontoides beschriebenen Algenkanälen. Sie finden sich auch häufig in den Serpulaschalen des Salzgitterer Erzes.

IV. Aufbereitungsvorgänge im Bau des Erzlagers von Salzgitter

Durch die Schilderung der paläogeographischen Verhältnisse zur Bildungszeit ist die Herkunft der gewaltigen Erzmassen, die die Lagerstätte von Salzgitter aufbauen, nachgewiesen. Die Lagerstätte selbst besitzt alle Eigenschaften eines Flachseegesteins, bei dessen Aufbau das Energiegefälle von Ebbe und Flut, die Küstenversetzung, die Wasserströmung, Windebbe und Windstau mitgewirkt haben. Die erdgeschichtlichen Faktoren, die hier maßgebend sind, sind die gleichen wie bei den herangezogenen jugendlichen Beispielen. Senkrecht übereinander im Profil beobachten wir häufig einen unharmonischen, keineswegs rhythmischen Wechsel des petrographischen Aufbaues, und doch zerlegt sich das alles auf ganz natürliche Weise in zonar angeordnete und mehr oder minder vollkommen oder unvollkommen aufbereitete Säume, deren Lageveränderungen die unruhige Mannigfaltigkeit in den Aufbau der Vertikalprofile hineinträgt. Wir hatten gesehen, daß solche Zerstörungsvorgänge, Umarbeitungs-, Entmischungs- und Differenzierungserscheinungen in der Flachsee häufig und regelmäßig vor sich gehen, und zwar in ganz erheblichem Maße bereits ohne Änderung der Lage von NN. Wirkungen dieser Art gewinnen außerordentlich an Ausdehnung und Bedeutung, sobald es sich um epeirogenetische oder orogenetische Verschiebung der Küstenlinie handelt, mögen nun beim Vordringen des Meeres die terrestern Verwitterungsbildungen mit ihren Lesedecken und Pflastern mechanisch und chemisch widerstandsfähiger Gesteinsrückstände der Aufbereitung unterliegen, oder mögen eben erst gebildete Meeressedimente der Küstenbrandung wieder anheimfallen. Probleme ähnlicher Art finden sich entsprechend behandelt in einer von mir angeregten Arbeit meines Schülers Thomas[1]). Er berechnete, daß bei horizontaler Lagerung die Schichten der mittleren und unteren Lias nur 6,70 cbm widerstandsfähige Gesteine pro Quadratmeter führen, denen eine Masse von 139 cbm Ton gegenübersteht. Die entstehenden submarinen Lesedecken entstammen also einerseits frischen anstehenden Gesteinsmassen, andererseits festländischen Verwitterungsrückständen und Anreicherungen, die im bewegten Wasser der Flachsee natürlichen Aufbereitungsvorgängen ausgesetzt sind. In ihrem Verlauf ist eine solche submarine Lese-

---

[1]) „Genetische Betrachtungen über die Lias- und Neokomablagerungen am Fallstein und ihre Eisenerze." Jhrb. Hallescher Verbd. Bd. 4. Halle a. S. 1923.

decke also nur in bedingter Hinsicht von der Küstenlinie beeinflußt, ihre größte Abhängigkeit basiert auf dem tektonischen Bau und damit auf der räumlichen Verteilung der Gesteinskörper des Festlandes. Die entstehenden Gebilde sind Schüttungshalden, sehr flach geböscht mit breiter Standfläche und einem seewärts wandernden Scheitel, der das Gebiet der größten Mächtigkeit darstellt. Auf diesem Sockel, dessen Oberfläche der Einwirkung der Wellen noch nicht entzogen ist, ordnet sich das Material in wellenartigen Dünungen, küstenparallelen Scharen und Riffen an, in deren Trennfurchen, besonders da, wo Knoten der Wasserbewegung stehen, auch feineres Material sich niederschlagen kann, während an den Linien starker Wasserbewegung schwer bewegliche Aufbereitungsrestprodukte liegen bleiben. Den einzelnen Etappen des Bildungsvorganges entsprechend können sich sessil und vagil benthonische Lebewesen entfalten, von denen beim Salzgitterer Erzlager hauptsächlich Austern, Bohrmuscheln, Seeigel, Kammmuscheln, Röhrenwürmer, Brachiopoden, Kalkschwämme und angesponnene Zweischaler in Frage kommen. So zieht Scheitel um Scheitel, Schar um Schar, von Rinnen getrennt, über den Sockel dahin. Gerade am seewärtigen Außenrand wird es sich ereignen können, daß sich verhältnismäßig grobe Korngrößen auf ganz andersartige feinkörnige Absätze legen. Jedenfalls aber ist der Böschungswinkel der Schüttungshalde seewärtig viel erheblicher als strandwärts. In den einzelnen Abschnitten bei der Entstehung, die sich stets unter dem Einfluß des Küstenversatzes und der für natürliche Aufbereitungsvorgänge besonders wichtigen langsamen aber stetigen Wasserströmungen vollzieht, ist immer nur ein kleiner Teil des Schüttungsraumes der Lesedecke durch Materialzufuhr ausgezeichnet. Aber das Ablagerungsgebiet verändert seine Lage und dementsprechend auch den Schüttungsraum der Lesedecke; und dieser jeweils in Neubildung begriffene Teil ist saumartig und mehr oder minder linear beeinflußt, so wenig auch die ganze Ablagerung später diesen Charakter zeigt. Und diese Teilsäume, die das Lager aufbauen, sind durch das Energiegefälle des vielbewegten Meereswassers geseigert nach Größe und spezifischem Gewicht ihrer Komponenten, so daß sich bei einigermaßen gleichmäßigem Material eine Gliederung des Saumes in Korngrößen schon bemerkbar macht, während bei sehr heterogenen Komponenten die gröberen Korngrößen der leichteren Komponenten vermengt mit den feineren Korngrößen der schweren Teile auftreten, reguliert durch das Gesetz:

$$\text{Sinkgeschwindigkeit} = \frac{\text{Übergewicht}}{\text{Formwiderstand} \times \text{innere Reibung}}.$$

Streichend sind diese flach schuttkegelförmig gebauten Gebilde mehr oder weniger weit aushaltende Schichten. Im Querschnitt vom Strand zur See dagegen sind sie ausgesprochen linsenförmig oder sigmoidal. Quer- und Streichrichtung der alten Säume hat mit dem heutigen tektonisch bedingten Fallen und Streichen der Schichten nichts zu tun. Wenn sich bei Vordringen des Meeres die Erosionsform des Festlandes mit seinen schutterfüllten Senken und seinen Erhebungen in dem zunächst mehr oder minder linearen Wirkungsbereich der Meereswellen befinden, so wird sich die Berührungslinie von Luft, Meer und Festland sehr bald umgestalten, und es werden sich gleichzeitig Verlandungs- oder wenigstens Aufschüttungsvorgänge und Überwältigung und Zerstörung von Hochgebieten, an denen sich die Wellenkraft konzentriert, abspielen. Auf diese Weise können mehr oder weniger langlebige Untiefen entstehen, wie sie von Wiegers für die Klippen des Flechtinger Höhenzuges zur Oligozänzeit, von v. Freyberg für die Küste des ostthüringischen Zechsteinmeeres und von Schander auf Anregung von Johannes Walther für das sächsich-böhmische Kreidemeer beschrieben worden sind. Die reine Klippenfazies setzt aber nur Teile der Erzlagerstätte von Salzgitter zusammen und sie gruppiert sich um diejenigen Brennpunkte, wo bei der Entwicklung einer Ausgleichsküste durch die Härte des Gesteins, noch mehr aber durch seine Position, Widerstand geleistet worden ist. Die Vereinfachung der Küstenlinie oder der Konfiguration des Untergrundes wird an solchen Stellen oft tatsächlich erst dann erreicht, wenn die Umgebung durch Aufschüttung die Klippenzone überwältigt. Die deutsche Ostseeküste, etwa die Lübecker Bucht oder die Insel Rügen, bietet da recht gute Beispiele, wie beträchtliche Zerstörungsvorgänge und ausgedehnte Aufschüttungsvorgänge eng miteinander verknüpft vor sich gehen und zwar in außerordentlich engem Zusammenhang mit der Morphologie der Glaziallandschaft des Festlandes. Dementsprechend darf es nicht überraschen, daß die morphologische Beschaffenheit des Untergrundes der Ostsee noch zahlreiche Festlandszüge aufweist. Auch im Beispiel von Salzgitter sind es die Vorgebirge der sich entwickelnden Ausgleichsküsten, die vornehmlich die marinen Lesedecken liefern, besonders dann, wenn der Angriff der Wogen in einer der Zerstörung günstigen Weise zum Streichen der Schichten gerichtet

ist; Vorgänge, deren Ausmaß eine Funktion der vorgefundenen geographischen Dimension ist. Es sind hier keine Geschiebemergelzüge, sondern die aufgesattelten und aufgerichteten Partien mit steilem präneokomem Fallwinkel, und die Klippenfazies ist dementsprechend räumlich abhängig von der präneokomen Tektonik. Zur Bildung der Erzlager führte vor allen Dingen die Zerstörung der weichen Meerestone der Dogger- und Liasformation, deren Kalke, Toneisensteine, Phosphorite und Sandsteinbänke die einzigen harten und widerstandsfähigen Gebilde darstellen. Schlickballen und Tongerölle entstanden freilich auch in reichlichem Maße, verschlechtern die Qualität des Erzes, zeigen sich hier aber gewöhnlich stark deformiert. Gleichzeitig wurden die Reste der neokomen Fauna aus den Gebieten stärkerer Wasserbewegung ständig entfernt, so daß Rollerze, Rollerzlagerstätten mit Phosphoriten, Tone, Mergel, Sande, Kalksedimente klastischer Art mit oder ohne Erzbohnen und Phosphorite resultieren. Auf kolloid-chemischem Wege kommt es gleichzeitig weiter draußen zur Konzentration und Speicherung von Kalk, Eisen und Phosphorsäure, zu deren Ausfällung Flora und Fauna des nährstoffreichen Zerstörungsstandes Kohlensäure und Ammoniak, Schwefel- und Phosphorsäure liefern. Es gehört also zu einem solchen submarinen Schüttungshaldensystem ein Gebiet der Anreicherung organischer Fällungsmittel, die das Auftreten neugebildeten Toneisensteins, von Phosphoriten, von Glaukoniten oder andern Eisensilikaten, von oolithischem Brauneisen, von Kalk in Gestalt von Geodenbänken und Oolithen oder von schwefelkiesreichen Niederschlägen bedingen.

Die petrographische Beschaffenheit des Erzlagers ist in der Klippenfazies sehr viel abweichender als in dem nur durch Strömungen sedimentierten Teil. Wo die Wasserbewegung zu stark war, macht die Lagerung scheinbar einen sehr wirren Eindruck, weil auch die absolut und spezifisch schwersten Komponenten noch der Wasserbewegung unterlagen. Trotzdem aber kommen im Aufbau des Erzlagers die Gesetzmäßigkeiten der natürlichen Aufbereitung voll zur Geltung. Das zeigt besonders auch die mikroskopische Untersuchung, bei der man am besten die durch keinerlei Verwitterung beeinflußten Bohrkerne größerer Teufen heranzieht, wie das von mir in einem fortlaufenden Profil von großer Mächtigkeit geschehen ist. Besonders interessant sind die stark aufbereiteten, in ruhigerem Wasser abgelagerten feinkörnigen Erze, die zum Teil aus reinen Limonit-Ooiden bestehen. Als diagenetisch

im Porenvolumen ausgeschiedene Neubildungen kommen in wechselnder Menge frisch-grüne Eisensilikate vor. Wie bald ihre Ausfällung der Sedimentation folgte, geht hervor aus der Erscheinung, daß in Erzpartien, deren gesamtes Porenvolumen von grünem Eisensilikat erfüllt ist, Organismengrabgänge gefunden wurden, in denen nur noch Fetzen dieser Masse auftreten. Soweit die Ooide von Salzgitter abgeplattete Gestalt besitzen, ist sie begründet durch ein scherbenförmig gestaltetes Kernstück, das die Oolithrinde überzieht. Es handelt sich häufig um Rindenooide, die mechanisch abgerollte oder eckig zertrümmerte Ton- und Brauneisensteinbrocken einschließen, deren schalige Rinde aber im übrigen den gleichen rhythmisch feinschichtigen Aufbau besitzt, wie die Vollooide. Von den Rinden aus können, wenn der Kern nicht selbst aus Brauneisen besteht, braune Eisenkeile an Spältchen in den Kern einspringen. Wie bei so manchen anderen Eisenoolithvorkommen zeigt sich im Fall von Salzgitter eine außerordentlich enge genetische Verknüpfung zwischen einem marinen Trümmererzbildungsvorgang und der kolloidal chemischen Ausfällung der Oolithe. Das eine ist hier zweifellos außer den klimatischen Bedingungen die notwendige Voraussetzung für das andere. Nicht nur in den größeren Wassertiefen, sondern auch in den geschützteren Teilen der Buchten legen sich, von der Klippenfazies herstammend, immer feinere, immer besser mechanisch gesonderte Erzmassen an, die den Zerkleinerungs- und Bewegungsvorgang durchgemacht haben. Statt der feinsten Eisensande und Schlamme finden sich aber Eisenoolithe. Ihr Bildungsbereich ist nicht das tiefe Wasser, in dem sie allerdings oft endgültig zur Ruhe gekommen sind, sondern es vollzieht sich die Entstehung unter Einwirkung starker Besonnung in den flachsten Gebieten unter Mitwirkung von Ebbe und Flut oder wenigstens des Windstaues. Es handelt sich dabei um ein eigenartiges Massenwirkungsgesetz, wobei es den Anschein hat, als ob es für den Grad der Zerkleinerung und der Klassierung nach Korngröße eine bestimmte Grenze gibt, wo die gegenseitige Abnutzung aufhört. Außer den Oolithen zeigen ja alle übrigen Komponenten die Beeinflussung der Oberfläche durch mechanische Beanspruchung beim Transport. Man kann hier von passiver Oberfläche sprechen. Sind die Teilchen aber quantitativ zu unbedeutend, so scheiden sie aus dem Abnutzungsvorgang aus. Ihre Sinkgeschwindigkeit ist nur so gering, daß sie im strömungsbewegten Wasser überhaupt nicht niedersinken. Dabei tritt nun

die Tendenz in Erscheinung, sich mit feinen Eisenkrusten zu überrunden, deren Material zweifellos ursprünglich dem mechanischen Zerreibungsvorgang der größeren Erzpartikelchen entstammt. Dementsprechend ist der Gehalt der Grundmasse an allerfeinsten Eisenpartikelchen und Eisenschlamm viel geringer als man erwarten sollte. Die kolloidal-chemische Ausfällung geschieht bei der umgekehrten elektrischen Ladung der Meeressalze schnell. Der ganze Speicherungsvorgang spielt sich zweifellos bei ständigem Bewegtwerden in der Flachsee ab, wobei Teilchen von Eisengrundmasse den Kern der Eisenhydroxydsilikat-Ooide abgeben. Die häufigste Korngröße der reinen Ooide ist $^1/_2$ mm Durchmesser. Der Rindenansatz um größere Kerne erfolgt um so leichter, je eisenreicher das betreffende Fragment ist. Organische Kerne wie Muschelschalenbruchstücke usw. beobachtete ich nur verhältnismäßig sehr selten. Da der Kernradius eines Rindenooides + Rindenstärke dem halben Durchmesser der Vollooide gleich ist, verhält sich die Stärke der Ooidrinden umgekehrt proportional dem Durchmesser der Kernstücke. Außerordentlich häufig sind Ooidbruchstücke im Kern neugebildeter Ooide, und ebenso häufig halbierte und zerbrochene Ooide, die oft mitsamt ihrem mechanisch abgerollten Kernstücke gesprengt sind. Bei der Kleinheit der Ooide ist es nicht wahrscheinlich, daß es sich hierbei um ein mechanisches Zerschlagen durch die Wasserbewegung handelt, sondern es ist anzunehmen, daß sie im Bildungsbereich am Strand beim Trockenlaufen Schrumpfungsrisse bekamen, die die Zerlegung präformierten. Die Ooide unterlagen dann dem Küstenversatz wie jedes andere Sediment auch. Die natürlichen Schlämme des ganzen Aufbereitungsvorgangs finden wir in den Zwischenmitteln wieder, durch Schlickballen und grabende Organismen kommt es an den Grenzen von Erz und Zwischenmitteln häufig zu einer flammenartigen Verzahnung. Die organischen Korngrößen vereinigen sich erst weiter entfernt von der Klippenfazies nach dem Gesetz der Gleichfälligkeit mit den Erzen:

Die Durchmesser gleichfälliger Körner verhalten sich umgekehrt proportional wie ihre um 1 verminderten spezifischen Gewichte.

V. Wasserbewegung und Küstenversatz

Aufbereitungstechnisch formuliert, befinden sich die der Wasserbewegung ausgesetzten Flachseegesteine mehr oder minder voll-

kommen in diesem ausgeglichenen, zahlenmäßig greifbaren Gleichgewichtszustand.

Für die Beurteilung einer solchen Erstrebung des Gleichgewichtszustandes handelt es sich also um die Würdigung der Vorgänge der An- und Umlagerung, bei denen natürlich in jedem einzelnen Falle die örtlichen Bedingungen von entscheidender Bedeutung waren. Geht man den Dimensionen entsprechend, wie man das ja auch tun muß, in die Einzelheiten, so werden auch die Größenordnungen der relativen geographischen Anordnungen von Bildungsraum und Nährgebiet verhältnismäßig detailliert herangezogen werden müssen. Die Faktoren, die die An- und Umlagerungsvorgänge beherrschen, sind einmal die Winde und ferner die eng mit ihrer Wirkung verknüpfte Tätigkeit der Meereswellen, weil von der Natur der vorherrschenden Luftbewegung die Richtung, in der die Wellen auflaufen und das von ihnen mitgerissene Material transportieren, abhängt. Sehr wichtig ist vor allen Dingen aber auch der Vorgang der Küstenversetzung, die Weule lediglich auf den Materialtransport auf der Strandebene beim schiefen Auflauf der Wellen am Ufer zurückführen wollte, und in die man die umlagernde Tätigkeit der sogenannten Küstenströmung zweckmäßig mit einbezieht. Es sind gewöhnlich nur die kleinen, feinen schwebenden Teilchen, die sie mit sich führt; denn die erreichte Geschwindigkeit ist gering. Es sind vor allen Dingen so nahe am Ufer und am Boden die Reibungswiderstände sehr bedeutend und maßgebend ist vor allem das wichtige Gesetz:

$$\text{Sinkgeschwindigkeit} = \frac{\text{Übergewicht}}{\text{Formwiderstand} \times \text{innere Reibung}},$$

wobei Übergewicht gleich der Differenz zwischen dem spezifischen Gewicht des sinkenden Körpers und dem der Flüssigkeit ist. Ein charakteristischer Unterschied dieser Küstenströmung gegenüber den sonstigen Strömungsvorgängen ist die Tatsache, daß sie von der jedesmaligen Windrichtung abhängt. Bekanntlich kann sich die Küstenversetzung nur dann abspielen, wenn die Meereswellen an der Küste in schiefem Winkel auflaufen. Richthofen zeigte ja, wie sich dann die Stoßkraft in eine zur Küste parallel und eine rechtwinklig zu ihr gerichtete Komponente zerlegt. Es wird also einerseits das Material entlang der Küste in Bewegung versetzt, und es macht sich andererseits eine gewisse Stoßkraft landeinwärts und etwas nach aufwärts geltend. Sobald die Küstenlinie unvermittelt ausbiegt, etwa so, daß die

Richtung der Wellen rechtwinklig geschnitten wird, kommt es zur Anreicherung des leicht bewegten Materials an diesen Stellen. Falkenberger hat mit Hilfe gefärbten Materials an Küstenstrecken mit ziemlich symmetrischem Verlauf Beobachtungen über die Küstenversetzung angestellt, beispielsweise an einer WO sich erstreckenden Küste unter herrschendem NO, so daß rechts und links vom Mittelpunkt des Bogens die Richtung der Wellen in um so spitzerem Winkel zur Küstenlinie stand, je weiter sie von dieser Mitte entfernt waren (vgl. Taf. VI, Fig. 13). Er kam dabei zur Aufstellung folgender beider Erfahrungssätze:

1. Erstreckt sich der Bogen senkrecht zur Windrichtnng, so wird das Material von den zwei Schenkelenden nach der Mitte verschoben, wo dann die dort stattfindende Materialanhäufung aus dem einen Bogen zwei schafft.

2. Verläuft aber die diagonale Linie des Bogens schief zur Windrichtung, so wird das Material seitwärts geschoben und seine Anhäufung findet dann an einem Schenkelende statt.

Diesem Experiment entsprechend ergibt sich auch, daß das Ausmaß der Küstenversetzung vor allem von der Stärke des Seeganges, von der Korngröße des betroffenen Materials und von der Wellenrichtung abhängt. So legte ein kopfgroßer Stein in zehn Tagen etwa 15 m zurück. Die gesetzmäßige Formulierung der Küstenversetzung stammt von A. Philippson, und sie besagt: der Winkel, den die auflagernde Welle mit der Küste und der zurücklaufenden Welle bildet, beträgt 90°. Dabei kommt allerdings die Schwerewirkung bei dem zurücklaufenden Wasser sehr in Frage, so daß die Reflexionswirkung, die durch die Schwerewirkung beeinflußt wird, zunächst etwas der Küste entlang geht und dann erst rechtwinklig abbiegt. Der Bogenverlauf der Küsten findet hierdurch eine wichtige Erklärung. Das Studium an rezenten Küsten zeigt nun aber, daß die Anlagerungen bei verschiedenen Winden sich verschieden abspielen, und daß der Verlauf der widerstandsfähigen und angegriffenen Zerstörungsgebiete von großem Einfluß auf die Vorgänge ist. Oft kommt das Material in 100 bis 200 m Entfernung von der Küste zum Absatz, z. B. wenn durch Zurücktreten der Küste die Küstenversetzung ausweicht und dann in den Windschatten der Küste gerät, wo sich das mitgeführte Material durch Nachgeben der Transportfähigkeit niederschlagen muß. Durch die Tätigkeit der Küstenversetzung kommt es also sehr leicht zur Entstehung von Untiefen, die ihrerseits der Wasser-

bewegungsmöglichkeit hemmend entgegentreten. Häufig läßt sich die Küstenversetzung direkt als mehr oder weniger breiter, trübe gefärbter Streifen erkennen. Handelt es sich um Inseln, so wird es Winde geben, die die in Frage kommenden, durch Küstenversatz gebildeten Bänke und Untiefen überfluten und wieder angreifen, so daß sich auch hier Wassertrübung bemerkbar macht, ohne daß sie heraustreten, während sie bei anders gerichteten Winden trocken laufen. Gerade die Feinheiten des Verlaufs einer Küste sind die Indikatoren für die Wirkung des Umspringens, des Wechselns der in Frage kommenden Luftströmungen. Will man also von Anlagerungsvorgängen und Neubildungsvorgängen da sprechen, wo in der Nähe Inseln oder Zerstörungsstrand führende Küstenteile angegriffen werden, so muß man sich klar machen, daß diese Anlagerungsvorgänge bei weitem nicht mit Anlandungsvorgängen verbunden zu sein brauchen, da es durchaus nicht nötig ist, daß sich diese Neubildungen in unmittelbarem Zusammenhang mit den Inseln oder Küsten befinden. Das sind natürlich Dinge, die die einfache Saumvorstellung komplizieren, das ist der Schritt von der Linie zur Fläche, dem die theoretischen Vorstellungen sich anpassen müssen. Zweifellos aber besitzen diese submarinen Aufschüttungen ganz spezifische Strukturen und Gestalten.

Die Angriffstätigkeit der Meereswellen wird ja hauptsächlich durch andere exogene Faktoren erst gesteigert, insonderheit durch die Feuchtigkeits- und Temperaturdifferenzen. Man braucht nur daran zu denken, wie die meisten großen Uferabstürze mit Quellung durch Süßwasseraustritt zusammenhängen, wie die Niederschläge nicht nur in dieser Hinsicht eine Rolle spielen, wie Frost und Insolation arbeiten, wie die Deflation an entblößten Uferstücken tätig ist, und wie die Übertragung der Luftbewegung auf das Meereswasser die oft, besonders gut durch Zahn, beschriebene Steilküstenabrasion in die Wege leitet.

Charakteristisch für solche Zerstörungsstellen sind die gewöhnlich in Strandwällen angeordneten Lesedecken. Zerstörungsvorgängen dieser Art kann die Flachküste nicht ausgesetzt sein. Hier hilft aber eine wichtige Beziehung, die ja auch für terrestre Schüttungshalden, sie mögen natürliche oder technische sein, Geltung hat. Die Neigung des Flachseestrandes hängt nämlich ab von der Korngröße des Materials: je gröber das Material, um so steiler ist die Böschung, je feiner das Material, um so flacher. Das ist ein Gesetz, das man bei Beurteilung der Erzlagerstätte von

Salzgitter nicht oft genug betonen kann, wo man es auch mit einem System von Steinen, Kiesen, Granden, gröberen Sanden, feinkörnigen Gesteinen (Oolithen) und Schlämmen zu tun hat. Es war Sokolow, der zeigte, daß die Strandböschung bei einer Korngröße von 0,5—1 mm den Schüttungswinkel 7—8,50° besitzt, sinkt sie unter 0,5 mm, so liegt er zwischen 1 und 2°. Wir können also für Saumschüttungen das Gesetz ableiten, daß die überschüttete Fläche um so breiter ist, je feiner die Korngröße des abgesetzten Materials ist, das heißt, in größerer Entfernung vom Zerstörungsgebiet nimmt die Breite eines Schüttungssaumes zu, die Mächtigkeit aber ab. Mögen die Verhältnisse in ganz untergetauchtem Zustand zahlenmäßig auch etwas anders liegen, die gesetzmäßige Korrelation zu den Sokolowschen Werten besteht unbedingt zu recht. Bleiben wir bei den Strandwällen, so finden wir bei einer Korngröße von 0,5 mm kaum ½ m hohe Strandwälle, während sie bei Blöcken und Geröllen leicht 20° geböscht sein können und bis 5 m hoch sind. Gemische von verschiedenen Korngrößen und Materialien nehmen natürlich diesen Größen gegenüber Mittelstellung ein. Die Nachmessung und statistische Bearbeitung der Korngrößen von Komponenten der Eisenerzlagerstätte von Salzgitter erlaubt also die Rückschlüsse für die Strandwallböschungswinkelbeurteilung der jeweiligen Teile der sich bildenden Untiefen, Ränder- und Küstenanlandungen. Was wir als Schüttungssaum bei der Beurteilung der als Beispiel herangezogenen Trümmererzlagerstätte entwickelten, das läßt sich im kleinen ableiten aus den von Hagen unternommenen Untersuchungen. Ein Querprofil durch einen solchen flachufrigen Strand zeigt, wie der über dem Meer liegende Teil der Abdachung flach ist, wie der aber unter dem Meeresspiegel liegende Teil infolge der Ablagerungen der ausgewaschenen Massen in eine breite Fläche, in eine erst in einiger Entfernung vom Ufer steil abfallende Terrasse umgestaltet ist. Zu diesen „normalen“ Gleichgewichtszuständen treten nun noch verschärfend die Wirkungen der Sturmflut hinzu, die einschneidend für die Bestandfähigkeit der von Zerstörungsküsten angegriffenen Festlandsteile ist. Wir hatten also gesehen, daß der Strand ein Gleichgewichtsverhältnis darstellt zwischen der aufschlagenden Brandungswelle und der abfließenden Rückströmung. Wir hatten gesehen, daß jedes Material im ruhenden Wasser einen natürlichen Böschungswinkel einnimmt, der dem Grenzwerte für das Rollen und Gleiten der Körner entspricht. Wie Elbert schon klar aus-

geführt hat, gehört zu jeder einzelnen Geschwindigkeit des bewegten Wassers ein Grenzwinkel, über den hinaus ein körniges Material, dessen spezifisches Gewicht und dessen Reibungskoeffizienten bekannt sind, nicht mehr verschoben wird. Auch hier gilt wieder:

$$\text{Sinkgeschwindigkeit} = \frac{\text{Übergewicht}}{\text{Formwiderstand} \times \text{innere Reibung}}.$$

Es sind die gleichen Gesetze, nach denen auch die von uns geschilderten Organismensäume der Nordsee aufgebaut sind, es sind ausgeglichene Systeme, denen ein größeres Beharrungsvermögen und eine größere Widerstandsfähigkeit zukommt, als man im allgemeinen anzunehmen geneigt ist. Je stärker die Kraft der Rückströmung ist, um so steiler ist auch die Böschung. Fällt also der Strand steil zur See hin, so verhindert die seewärtige Rückströmung der vom Wind herangetriebenen Wassermengen eine beträchtliche Anlagerung; wenn dagegen bei ganz geringer Kraft des Rückstroms das Wasser gegen eine flach geneigte Partie getrieben wird, so schüttet sich der Strand relativ hoch auf und es entsteht das bekannte flachsichelförmig gebogene Profil, das landwärts konvex und seewärts konkav ist. Sehr bekannt ist ja auch die Entstehung von Strandwällen dadurch, daß das Wasser einsinkt und das mitgeführte Material liegen bleibt. Und ganz charakteristisch für die Bildung von Flachseegesteinen sind auch die langen Schaare und Riffe. Die oben geschilderten, vom Strand unabhängigen, die Küsten nicht erreichenden Anlagerungsriffe zeigen von der Seeseite, und das ist besonders wichtig für die Übertragung auf die geologische Vergangenheit, ein typisches Strandprofil. Auch hier brechen sich die Wogen und es kommt zum Wandern des Untergrundes, der seewärts zerstört und küstenwärts angelagert wird. Paläogeographisch schwer zu konstruieren sind die Windrichtungen, die Niedrig-Wasser bringen, und die Windrichtungen, die sich durch besondere Windstärke auszeichnen und Hochwasser zur Folge haben. Wir können hier nur betonen, wie überaus wichtig diese Dinge für die Vorgänge in der Flachsee sind, und wir werden an anderer Stelle auf die Erscheinungen bei Niedrig-Wasser-Wind im Innern der Lübecker Bucht noch etwas eingehen. (Hierzu vgl. Abbildung der Wellenablenkung auf der Greifswalder Oie bei NO-Sturm bei Elbert.)

All zu weit kann das klastische Material durch den Küstenversatz nicht hinausgetragen werden, da die Wasserbewegung dann

nicht mehr ausreicht. Genaue Zahlen für die vermutliche Entfernung vom Strande, wie das für die feinste Korngröße des Erzlagers von Salzgitter von nicht unerheblichem Interesse wäre, lassen sich aber gegenwärtig noch nicht angeben.

Die Bedeutung des Windes für die Sedimentation macht sich ja bereits bei Süßwasserseen außerordentlich bemerkbar. Von Alfred Jentzsch rührt ein interessanter Hinweis über rechts- und linksläufige Seen her. Auch die Binnenseen besitzen Triftströmungen, die ihre Ufergestaltung gesetzmäßig und andauernd beeinflussen. Der auf den See treffende Wind bringt ein Aufsteigen von Tiefenwasser hervor und ein Hinabdrücken von Oberflächenwasser am entgegengesetzten Ufer, es findet also an der Wasseroberfläche eine Strömung mit dem Winde und in geringer Tiefe eine Strömung gegen den Wind statt, die von Forel als Kompensationsströmung bezeichnet worden ist. Jentzsch konnte nun zeigen, daß beide Strömungen eine immer vorhandene, oft beträchtliche horizontale Komponente haben, die sich zunächst als Uferströmung geltend macht und die Verschiebung von Sand und Schlamm entlang der Ufer bewerkstelligt. Die zeitlich aufeinander folgenden Winde vereinigen sich zu einer einheitlichen Wirkung, bis sie von einem erzeugten Kreislauf gleichsinnig gerichtet sind, und dabei gibt es nur zwei Möglichkeiten, nämlich rechtsläufig wie der Uhrzeiger N-O-S-W oder linksläufig N-W-S-O-N. Bei rundlicher Gestalt des Wasserbeckens verlaufen diese Strömungen einheitlich, bei flachen und langgestreckten Seen zerlegen sie sich aber in Teilschwingungen von kleinerem Durchmesser, und auf diese sind Einkerbungen der Uferanlagen und die Bildung von Barren und Hacken oder von Seebrücken bis zur Selbstteilung zurückzuführen; aber die Winde beeinflussen natürlich auch in hohem Maße die Meeresabsätze der Flachsee. Auch hier wird zur Herstellung des Gleichgewichts eine Unterströmung gegen das im Windschatten liegende Land gerichtet sein, die natürlich nur feinste Schlammteilchen mit sich bringen kann, während das von der Oberflächen-Wasserbewegung erreichte Ufer gröbere Teilchen zugetragen bekommt. An den deutschen Küsten herrschen Westwinde vor und die Küstenstrecken, auf die sie stoßen, haben sandreichen Boden. Die nach Osten gerichteten Uferteile bestehen dagegen oft fast aus reinem Ton. Hier zeigt sich am deutlichsten, wie fehlerhaft es ist, aus der Korngröße des Sediments unbedingt Schlüsse auf die relativ größere Entfernung des Bildungsraumes vom Strande zu ziehen.

Eine Reihe sehr interessanter Versuche veröffentlichte schon 1896 Schröder van der Kolk[1]). Er unternahm zunächst einfache Fallversuche in einem Zylinderglas von 25 cm innerer Höhe und 2 cm innerem Durchmesser. Der zurückzulegende Weg betrug also 25 cm. Die Resultate waren folgende:

Eine Erycina von 20 mm : 15 mm Größe mit einem Gewicht von 0,15 g besitzt eine Fallzeit von $3^2/_5$ Sek.

Eine Donax von 23 mm : 19 mm mit einem Gewicht von 0,5 g eine Fallzeit von 2 Sek.

Eine Mactra subtruncata von 28 mm : 22 mm hatte ein Gewicht von 0,85 g und eine Fallzeit von $1^2/_5$ Sek.

Da Mactra subtruncata zu den gewöhnlichsten Muscheln gehört, so dürfen wir eine Fallzeit der Muscheln von anbei 1,5 Sek. als Norm betrachten.

Sand mit einem Durchmesser von 2 mm, auf dem untersuchten Teil des Nordseebodens eine Seltenheit, wies eine Fallzeit von etwa $1^3/_5$ Sek. auf, also etwa der Zeit der Mactra gleich.

Sand mit einem Durchmesser von etwa 1,5 mm eine Fallzeit von etwa $1^4/_5$ Sek.

Sand mit einem Durchmesser von etwa 1 mm eine Fallzeit von etwa $2^1/_5$ Sek.

Sand mit einem Durchmesser von etwa 0,5 mm eine Fallzeit von etwa $4^3/_5$ Sek.

Die Fallgeschwindigkeit der Muscheln ist also etwa dreimal so groß wie die der Meeressande mit einer Korngröße unter 0,5 mm. Sie leisten den Strömungsbewegungen des Wassers entsprechend größeren Widerstand. Läßt man durch einen Glaszylinder, mit einem Gemisch von Muscheln und Sand gefüllt, einen kräftigen Wasserstrom hindurchgehen, so läßt sich der Sand herausspülen, ohne daß die Muscheln ihre Stellung verändern. Die zusammengesetzten Versuche bezogen sich ebenfalls auf ein Gemisch von Muscheln und Sand, wobei ein einfacher Strudelversuch mittels Wasserstrahls an der getroffenen Stelle eine Vertiefung mit Muscheln lieferte, umgeben von einem Wulst reinen Sandes. Er arbeitete dann weiter mit Horizontalströmungen von dreifach verschiedener Geschwindigkeit:

---

[1]) „Beiträge zur Kartierung der Quartären Sande." Zeitschr. d. dtsch. geolog. Ges. Bd. XLVIII, S. 773 ff.

1. Mit Strömen, welche die Quarzkörner mitführen konnten, die schweren Mineralien wie Granat, Hornblende usw., aber nicht. Bei diesem Versuch ließ sich die Strömungsgeschwindigkeit herausfinden, bei der die Granatkörner liegen blieben, die Quarzkörner aber weggeschwemmt wurden. Nur die Muscheln, welche auf der konvexen Seite ruhten, schaukelten bisweilen; sie wurden aber sofort umgekippt, sobald die Stromgeschwindigkeit vergrößert wurde. Die Anordnung mit der konvexen Seite nach oben ist eben die stabilere und darum auch die in der Flachsee häufigste.

2. Mit einem Wasserstrom, der auch die schweren Mineralienkörner mitnehmen kann. Die Geschwindigkeit ist dann so groß, daß eine Trennung nach dem spezifischem Gewicht nicht länger stattfindet. Und es erklärt dieser sehr einfache Versuch ohne weiteres, daß wir bei ganz küstennahen Gesteinen, beim Überschuß an Strömungskraft sehr unvollkommene Resultate der natürlichen Aufbereitung zu verzeichnen haben. Bei diesen Strömungsgeschwindigkeiten werden die mit der konvexen Seite aufliegenden Muscheln mitgeführt, bis sie umkippen und dann nur noch ausnahmsweise von der Stelle rücken.

3. Es wurden Strömungen verwandt, die auch alle Muscheln außer dem feinen Sand von der Stelle rücken lassen. Wo der Wasserstrahl das Gemenge trifft, reichern sich die Muscheln anfänglich an, bis schließlich alles weggespült wird. Da, wo die Kraft des Stromes nachläßt, kommen die Muscheln zur Ruhe, während der Sand noch weiter fortgeführt wird, um dann frei von Muscheln abgelagert zu werden. So finden sich genau wie im großen in der rezenten Nordsee auch bei der Versuchsanordnung des Experimentes Muschelanhäufungen an den einigermaßen geschützten Stellen, wo die Muscheln ihrer größeren Fallgeschwindigkeit entsprechend zu Boden sinken. Sobald man nun die Stromrichtung etwas ändert, wird die Muschelschicht in kürzester Frist von einer Sandschicht überlagert, ein Vorgang, den man bei der Deutung von Flachseeschichtprofilen doch recht ernst in Rechnung stellen soll. Änderungen in der Strömungsgeschwindigkeit bedingen Änderungen im Schichtprofil. Was in der Zeiteinheit an Differenzierung sich nebeneinander abspielt, muß sich in der Zeitfolge am gleichen Ort nacheinander ereignen und dementsprechend im Profil vertikal übereinander zu beobachten sein.

Van der Kolk berechnete, daß eine Sandschicht von 1 m mit einer Gehaltsziffer von 1 % an schweren Mineralien bei Aufarbeitung

zu einem Sand mit einer Gehaltszahl von 8 % durch Wegführung der Quarzkörner nur noch eine 12,5 cm mächtige Schicht liefert. Eine 8 m mächtige Sandschicht mit dem Gehalt 1 schrumpft also zu einer 1 m mächtigen Schicht mit dem Gehalt 8 zusammen. Die Gehaltsziffern 5, 6 und 7 sind in der Nordsee keineswegs selten. Am Strande steigern sich aber die Gehaltszahlen bisweilen bis auf 25, in vereinzelten Fällen bis auf 70 und sogar bis zu 90. Man braucht nur an die Granatsande der östlichen Ostsee oder an die Magnetitsande der Insel Ruden oder an andere ausländische Beispiele zu denken, so daß man auf diesen Vorgang der Entmischung auch die Entstehung von Eisenerzlagern zurückführen kann. Die Itabirite sind Erze, die auf diesem Wege entstanden sein können. Die Trennung selbst ist eine Folge langsamer Strömungen, da sie durch solche, die schwere und leichte Mineralien zu bewegen imstande sind, nicht herbeigeführt werden kann. Damit ergibt sich ein außerordentlich wichtiger Fingerzeig für die Beurteilung der verschieden günstigen und vollkommenen Konzentration der einzelnen Bänke und Lagerteile des Erzlagers von Salzgitter. Es ergeben sich auch hieraus ohne weiteres die Nachteile der Ablagerungszone in Brandungsnähe und die Vorteile der durch die langsame aber stetige Wirkung des Küstenversatzes zur Ablagerung gelangten feinkörnigen Erze, denen wir ja besondere Aufmerksamkeit gewidmet haben. Und das ist auch der Grund, warum ich bei der Aufgabe der Aufsuchung weiterer Vorräte der Salzgitterschen Lagerstätte die Prinzipien des Küstenversatzes der natürlichen Aufbereitung und der paläogeographischen Rekonstruktion der Küstenverhältnisse mit überraschendem Erfolg zugrunde gelegt habe. Während die Gehaltszahlen (an schweren Mineralien Hornblende, Granat etc.) bei diluvialen Sanden meist nur geringe Schwankungen aufweisen, sind die Schwankungen bei Flach- und Strandseesanden außerordentlich groß. In den diluvialen Sanden spielt der Amphibol eine große Rolle und kommt zum Teil häufiger vor als der Granat, in den Seesanden dagegen tritt der Granat in den Vordergrund. Van der Kolk untersuchte eine ganze Reihe von senkrecht zum Strand gerichteten Profilen auf die Gehaltszahlen und gab außerordentlich lehrreiche Diagramme mit den Gehaltsziffern an Quarzkörnern, schweren Mineralien und Muscheln. Es zeigte sich dabei, daß Linien maximalen und minimalen Gehalts der Küste nahezu parallel laufen; und da zu den hohen Gehaltszahlen der einen Zone notwendig

andere Zonen gehören mit niedrigen Gehaltsziffern, so gewinnt es den Anschein, daß der Sandtransport am Strande nicht sowohl küstenparallel als vielmehr senkrecht und abwärts von der Küste stattfindet. Bei den Gehaltslinien zeigen sich eine ganze Reihe ziemlich gesetzmäßiger großer Perioden im Wechsel, den Muschellinien dagegen fehlen diese Gesetzmäßigkeiten. Es findet eine Art Schutz gegen Ausschlemmung der leichteren Sandkomponenten statt, wo durch einen hohen Prozentsatz der Muscheln der Sand vor Ausschlemmung bewahrt bleibt.

VI. Helgoland und Salzgitter

Will man die mit Lesedecken überschütteten Untiefen des Neokoms in der Gegend des heutigen Salzgitterer Höhenzuges mit rezenten Verhältnissen vergleichen, so liegt das Beispiel der Insel Helgoland nahe. Heincke hat das Verdienst, die eigenartige Rolle dieser kleinen Insel innerhalb des Faunengebietes der Nordsee in das richtige Licht gesetzt zu haben. In der Umgebung erstreckt sich die Flachsee, die mit Schlick, Sand oder Lesedecken bedeckt ist und die entsprechend der den Grund in Bewegung setzenden Wirkung von Gezeiten und Wellen beeinflußt wird und dementsprechend pflanzenleer und artenarm ist, im Gegensatz zu dem festen Felsuntergrund mit seiner reichen Algen- und Tangvegetation und ihrer Lebewelt. Heincke ist soweit gegangen, von einer submarinen Inselfauna zu sprechen. Sobald sich aus einem tieferen Meer eine der Kraft der Wellen Widerstand leistende, aus festem Gestein bestehende Insel erhebt, auf deren Fuße sich eine Tierwelt ansiedelt, die sich von der der umgebenden tieferen Meeresgründe unterscheidet, so kommt man bei diesem Beispiel zu einer Umgrenzung des Helgoländer Faunengebietes durch die Ausdehnung des vom Wasser bedeckten felsigen Fußes, auf dem Insel und Düne sich gegenwärtig über das Wasser erheben, erweitert um die den Inselsockel umziehende Zone, über die sich die vom Inselkern losgerissenen Gerölle in Lesedecken und Schüttungen ausgedehnt haben. Ein Gebiet, das sich etwa 3 Seemeilen von der Insel in das Meer hinaus erstreckt. Im Anschluß an die von Johannes Walther entwickelten grundlegenden Auffassungen über die Fazies des Meeresbodens hat weiterhin Heincke Gebiete mit verschiedenem Faziescharakter und verschiedener Besiedelung durch Mollusken aufgestellt:

1. Die Litoralzone oder die Region des pflanzenbewachsenen Felsengrundes in unmittelbarer Nähe der Insel und Düne. Hier stehen die roten Tone und Kalksandsteine des Buntsandsteines, der Muschelkalk und die Schichten der Kreide an oder bilden zertrümmerte Block-, Geröll-, Kies- und Sandpackungen und Schichtkopfrippen. Bei Flut wird diese Region fast vollständig unter Wasser gesetzt. Bezeichnend für diese Litoralregion sind folgende Arten: Mytilus edulis, Saxicava rugosa, Pholas dactylus, Ph. candida, Zirphaea crispata, Tapes pullastra, Anomia ephippium, Chiton marginatus, Acmaea virginea, Helcion pellucidus, Litorina rudis, litorea und obtusata, Lacuna divaricata und pallidula, Rissoa parva var. interrupta, Skenea planorbis, Trochus cinerarius, Lamellaria perspicua, Purpura lapillus, Venus ovata, Dosinia exoleta, Tellina baltica, Defrancia linearis u. a. In dieser Zone herrschen also pflanzenfressende omnivore Schnecken vor, während bei den Muscheln die ein- oder angesponnenen oder bohrenden Arten dominieren, wie im Falle von Salzgitter auch.

2. Die zweite Zone ist die der pflanzenleeren Kiese und Gerölle, die im organischen Zusammenhang mit der Litoralzone steht und mit dieser zusammen das submarine Felsplateau von Insel und Düne bildet. Diese erstreckt sich in einer Entfernung von 1—3 Seemeilen von der Insel und bildet eine schmälere oder breitere Zone, besonders nach Norden hin, wo oft größere Gesteinsblöcke oder anstehender Kreidefels hier, und im Westen oder Südwesten das rote Inselgestein hervorragen. Charakteristisch ist die große Artenarmut, die hier herrscht, und das nicht seltene Auftreten von feinem Bruchschill mit intakten Schalengehäusen von Nassa incrassata. Folgende Arten sind bezeichnend: Anomia ephippium, Saxicava rugosa: spärlich Venus ovata, Mactra solida und Dosinia exoleta, Chiton asellus, Trochus cinerarius, Acmaea virginea, Trochus zizyphinus. In dieser Region wie auf den reinen Sandgründen leben vorwiegend der Grabwelt angehörige Muscheln mit langen Siphonen.

3. Die Helgoländer Rinne, die sich in einer Entfernung von etwa 3 Seemeilen von NW nach W und SSW mit Ausläufern bis nach NO herum in einer Tiefe von 30—35 m entlang zieht und unmittelbar an das mehr oder weniger steil und unvermittelt abfallende Felsplateau der Insel grenzt. Bezeichnend für den Untergrund der Rinne ist schlickiger Sand mit zahlreichen leeren Muschelschalen, namentlich von Austern, ein Gebiet, das gleich-

zeitig durch das reichliche Auftreten der Kolonien der sandköcherbildenden Sabellaria alveolata ausgezeichnet ist, und dementsprechend als Pümpgrund bezeichnet wird. Es ist überaus wichtig, wie der Konfiguration des Untergrundes entsprechend, mag sie nun primär oder durch die herrschenden Strömungen hervorgerufen sein, die Lebewelt eines sehr viel ausgedehnteren Areals hier zu ganz gewaltigen Schillmassen konzentriert wird, nachdem sie der Wellenschlag wieder aus dem Medium ihres eigentlichen Lebensraumes entmischt hat. Ein Beispiel, das für die Beurteilung der Verteilung des Kalkgehaltes im Erzlager von Salzgitter von großer Bedeutung ist. Außerdem aber bildet sich in diesem Areal, dem außer abgestorbenen Schalen auch noch reichlich Nährstoffe zugeführt werden, eine reiche bodenständige Molluskenfauna, die natürlich dementsprechend sehr viel besser erhalten sein kann. Es ist grundsätzlich verfehlt, wenn man in mechanisch konzentrierten Organismenanhäufungen in Flachseegesteinen auf Grund des guten Erhaltungszustandes einzelner darin vorkommender Arten auf eine „autochthone“ Entstehung dieser Organismen-Anreicherung schließt, und es ist bedenklich, wenn man, wie es Ernst Wagner für den Wellenkalk kürzlich getan hat, unter Verkennung dieser Entmischungsvorgänge die Fauna durch großes Massensterben immer wieder auf kleine Bestände reduziert „und zwar an solchen Stellen, die der Vernichtung weniger ausgesetzt waren. Dort häuften sich diese Relikte, die gleich- oder verschiedenartig waren, nesterweise, bildeten im Laufe der Zeit Linsen und entwickelten sich bei jeder sich bietenden Gelegenheit, breiteten sich aus, bildeten durch Übertragung von Brut oder durch Verschwemmung neue Linsen und traten in neuer Blüte bankbildend auf, sobald die Lebensbedingungen das zuließen“. Auch diese Vorstellung ist ja nur eine modifizierte und gemilderte Invasionstheorie, die außer acht läßt, daß fossilleere Gesteine sich auch in der dicht besiedelten Flachsee bilden müssen. Es ist sehr bedenklich, aus dem Wechsel zoogener „Linsen“ mit fossilfreien Bänken auf das rhythmische Eintreten ungünstiger Lebensbedingungen zu schließen. Charakteristisch für diese Regionen ist auch die reiche Bedeckung mit Hydrozöen. Am häufigsten im Schill vertreten ist: Ostrea edulis, Pecten varius, Pecten opercularis, Arca lactea, Lepton squamosum, Mya truncata, Syndosmya prismatica, Turritella communis, Triforis perversis, Nassa incrassata. Die Lagerung der Schillmassen wird im allgemeinen

als gesetzlos und wirr durcheinander geschildert. In Wirklichkeit liegt aber auch hier ein gesetzmäßiger Aufbau vor, der die Verteilung der gröberen sperrigen und der kompakten rundlichen Elemente regelt. Die ersteren liefern das Porenvolumen, die andern das Füllmaterial. Es sind aber diese Gesetzmäßigkeiten bei Fossilansammlungen dieser Art leicht zu untersuchen, aber nur schwer und umständlich zu beschreiben. Die Hauptarten dieser Helgoländer Hauptfazies sind: Cardium fasciatum, Nucula nucleus, Venus ovata, Trochus tumidus und Chiton asellus. Weniger zahlreich: Modiolaria marmorata, Saxicava rugosa var. arctica, Mya arenaria und Cyprina islandica, Cultellus pellucidus, Lucinopsis undata, Velutina laevigata, Lamellaria perspicua, Scalaria clathratula, Aporrhais pes pelecani, Natica pulchella, Buccinum undatum, Defrancia linearis, Bela turricula. Seltener: Ostrea edulis, Anomia ephippium und patelliformis, Leda minuta, Cardium edule, Mactra solida, Venus gallina, Corbula gibba, Syndosmya alba, Scalaria communis. Hier wie auf den schlickigen Gründen leben vor allen Dingen Muscheln mit kurzen Siphonen.

4. Die Fazies der Austernbank steht in ziemlich engem Zusammenhang mit der Helgoländer Rinne selbst. Die Zahl der abgestorbenen Austernreste übertrifft gewöhnlich stark die der überlebenden. An festgewachsenen Tieren beteiligt sich auf den Muschelbänken besonders Mytilus edulis und Modiola modiolus, Tapes pullastra, Scalaria communis, Defrancia linearis, Buccinum undatum, Bela turricula; weniger häufig Anomia ephippium und patelliformis, Modiolaria marmorata, Cardium echinatum und fasciatum, Nucula nucleus, Venus ovata, Syndosmya alba, Corbula gibba, Cultellus pellucidus, Chiton asellus.

5. Reine Sandgründe treten bei Helgoland jenseits der Region der pflanzenleeren Kiese und Gerölle in zwei und mehr Seemeilen Entfernung auf und besitzen eine durchschnittliche Tiefe von 10 bis 35 m, wobei der Sand noch in Farbe und Feinheit erheblich wechseln kann. Sie setzen sich zum Teil fort in die Sand-, Kies- und Riffgründe der schleswigschen und jütischen Küste. In dem Schill der Sandgründe kommen häufig Reste von Molluskenarten vor, die nicht auf ihnen leben, wie Pecten varius und opercularis, Arca lactea, Cardium edule und norvegicum, Lucina divaricata, Psammobia ferroensis, Cerithium reticulatum, Nassa incrassata; Venus gallina, Mactra solida und stultorum, Donax vittatus, Tellina fabula, Thracia papyracea, Solen ensis, Natica pulchella. Weniger

häufig: Montacuta ferruginosa, Nucula nitida, Dosinia exoleta, Mactra subtruncata, Tellina baltica und pusilla, Corbula gibba, Cultellus pellucidus. Natica catena. Buccinum undatum und Bela turricula.

6. Reine Schlick- oder sandige schlickige Gründe finden sich jenseits der Region der pflanzenleeren Gerölle in 20—50 m Tiefe in einer Entfernung von drei Seemeilen von der Insel. Hier leben folgende Arten: Cyprina islandica, Cardium echinatum, Mactra subtruncata, Syndosmya alba, Corbula gibba, Cultellus pellucidus, Nucula tenuis, Montacuta bidentata, Buccinum undatum, Cylichna cylindracea. Actaeon tornatilis.

Alle diese Zonen stehen unter dem Einfluß der bewegenden Kraft von Gezeiten und Wellen. Die Helgoländer Rinne ist am ruhigsten. Die Zone der Kiese und Gerölle ist so stark bewegt, daß die pflanzenleere Zone jenseits des Litorals mit seiner Tierarmut, die an die der reinen Sandgründe erinnert, entsteht. Was die Verteilung der Organismenschalen anlangt, so haben wir in der Helgoländer Rinne ein Sammelgebiet, in dem die immer wieder bewegten Schalenreste der anderen Regionen zur Ruhe kommen. Die Verteilung der Schillanhäufungen zeigt in ihrer ganzen Regelmäßigkeit, daß es regional bedingte Strömungen sind, auf die ihre Verteilung zurückgeht; und die passive Verfrachtung macht sich am besten geltend dadurch, daß die den Schill zusammensetzenden Arten am Ort ihrer Ablagerung häufig lebend überhaupt nicht vorkommen. Bei rezentem Material kann man die stattgehabten Wanderungen zwischen Standort und Ablagerungsgebiet häufig rekonstruieren. Auch bei fossilem Material ist der Versuch nicht immer aussichtslos. Eine andere wichtige Tatsache hat Heincke ebenfalls schon berücksichtigt, nämlich, daß bei der Verfrachtung das Schalenmaterial in stark bewegtem grobem Untergrund zu feinstem Grus- und Bruchschill zerrieben werden kann, wodurch eine weitere Verfrachtung fortfällt, und mit Recht führt er die Entstehung des oft sehr feinen Bruchschills, wie wir ihn auch den Neokomkalk aufbauen sehen, auf die Tätigkeit der Schaltiere zermalmenden Fische zurück (wie Scholle, Seewolf und Rochen), die die Schalen in kleine Bruchstücke zertrümmern. Bei Schellfisch, Seezunge und anderen Arten mit keinem so kräftigem Gebiß bleiben die Molluskenarten häufig unversehrt. Johannes Walther hat sich vor ihm maßgebend mit dieser Frage befaßt. In den fossilreichen Tonen des Neokoms kann man Schalentrümmer und ganze

Schalen häufig so angereichert und angeordnet finden, wie es in ruhigem Wasser zur Einbettung gekommenem Fischkot entspricht. Bei der Untersuchung zahlreicher Tiefbohrkerne konnte ich diese Beobachtung oft machen, in ganz ähnlicher Weise allerdings auch in Tonen des Lias. Im allgemeinen überwiegen in der Litoralzone die Schnecken, in den tieferen Regionen die Muscheln, besonders da, wo der Grund aus Schlick besteht.

Bei der Beschaffenheit des Untergrundes ist noch zu berücksichtigen, daß mit Abnahme des Salzgehaltes besonders die Zahl der beschalten Bewohner des Schlicks abnimmt. Die tieferen Teile der östlichen Ostsee sind außerordentlich arm an solchen Bewohnern. Von zoologischer und hydrobiologischer Seite ist bei der Beurteilung derartiger für die Untersuchung fossiler lokaler Fragen wichtigen Dinge bereits ausgezeichnet vorgearbeitet worden. Wir haben mit einer Schilderung der Faziesverhältnisse in der Nordsee bereits die Lebensgebiete betrachtet, bei denen die Schalenmassen einerseits seewärts, andererseits land- und strandwärts wandern, wo wir in beiden Fällen eine stark zusammengewürfelte Fauna finden. Die Mannigfaltigkeit des Untergrundes der Nordsee kann man entnehmen aus den Bezeichnungen der Untersuchungsfahrten zur Erforschung der Lebewelt der Nordsee. Wir finden darin unter anderen folgende Bezeichnungen:

grob:	sandig:	tonig:
Schlick mit Grand;	feiner Sand mit Schalen;	sandiger Schlick;
Felsen steinig;	weißer körniger Sand;	Schlick;
grober Kies;	Sand mit Sabellaria;	Schlick mit Grand;
steinig, Muschelstücke;	Sand;	zäher dunkler Schlick
Sand, Kies, Steine, Schalen;	feiner Sand;	sandiger Schlick mit Wurmröhren;
kleine Steine;	grauer schlickiger Sand;	Schlick mit Wurmröhren;
anstehende Gesteinsschichten;	Sand, Schill;	Schlick mit Mudd;
Steinblöcke;	grober Sand;	zäher dunkler Schlick;
grober Kies;	fester Grund von Feinsand;	grober Schlick mit kleinen Steinen;
steinig mit wenig Muscheltieren;	harter Sand;	Schlick mit feinem Sand;
grober Sand mit Steinen;	Sand und Muscheln;	schlickiger Sand;

grob:	sandig:	tonig:
Steine und grober Sand;	feiner weißer Sand;	Schill mit Schlickballen;
feiner Kies mit Steinen;	feiner Sand und Schill;	grauer kalkreicher Schlick;
feiner Sand und sandiger Schlick mit Steinen;	grober Sand mit kleinen Steinen;	graublauer Schlick;
Riffgrund;	feiner Sand mit Schlick;	dunkelgrauer Schlick;
steinig;	feiner Sand mit kleinen Muscheln;	toniger Schlick;
große Steine, Schill;	feiner dunkler Sand mit Muscheln;	— — — —
grober Sand, kleine Steine, Schill;	feiner gelber Sand;	
Kies, steinig;	feiner gelber Sand mit Schill;	
Schill und kleine Steine;	feiner grauer Sand;	
Schill mit Steinen;	schlickiger Sand und Schill;	
grober Sand mit Schlick;	feiner Sand und feiner Schill;	
steinig und felsig;	grober Sand mit Schill;	
Schill, Schlickballen und Steine;	Sand und Schlick;	
Mudd, kleine Steine und Schlickballen;	grauer Sand;	totes Seegras;
Sand, kleine Steine und Schlickballen;	feiner gelber Sand, wechselnd mit Schlick;	— — — —
— — — —	feiner Sand mit kleinen Schlickballen, fester Sandgrund;	
Schill mit graublauen Schlickballen, 23 Faden.	Sand, Schlickklumpen, 37 m Tiefe.	
— — — —	— — — —	

Interessant ist dabei das schon auf der Untersuchung der Pommerania 1872 in Tiefen von 23—25 Faden beobachtete Vorkommen von „Schlickballen“, wie das bei Zähigkeit des Sediments

und der Stärke der Untergrundsbeanspruchung in der Nordsee leicht verständlich ist. v. Freyberg hat die Tongerölle der Nordsee zur Erklärung des unteren Wellenkalks in einer ausgezeichneten Abhandlung herangezogen. Neuerdings hat ihnen Richter in seinen Flachseebeobachtungen zur Paläontologie und Geologie ein Kapitel: „Tone als Gerölle im gleichzeitigen Sediment" gewidmet, und ich habe 1919 ein Bild der steilen Wattenkante gegeben (Taf. X, Fig. 2) mit den Schlickballen, die sich, seewärts kleiner werdend, auf der Wattoberfläche befinden. Diese Gerölle befinden sich nun aber keineswegs bloß am Strande, sondern man beobachtet sie in verhältnismäßig sehr tiefem Wasser, wobei bei der stärkeren Beanspruchung des Untergrundes eine Verfrachtung vom Strande her durchaus nicht nötig ist, sondern in der sturmbewegten Flachsee auf zähem Untergrund immer eintreten wird.

Noch bedeutender als der Wechsel des Salzgehaltes greift in die Verbreitung der Zweischaler zweifellos die Verteilung der Temperatur ein, und die langgestreckte Doggerbank sperrt die gleichmäßig temperierten, von Norden her kommenden atlantischen Wasserzuflüsse von Südosten ab. Wenn dementsprechend im Sommer hohe Temperaturen und im Winter niedrige herrschen, ist es leicht begreiflich, daß eine große Anzahl stenothermer Arten die Doggerbank nicht überschreiten können.

Schrader teilt die Nordsee folgendermaßen ein:

„I. 0—40 m-Linie; das Gebiet zwischen der jütisch-friesischen Küste und der 40 m-Linie, nördlich bis zum Limfjord reichend.

II. Von der 40 m-Linie bis zum Südostrand der Doggerbank, im Norden bis zur kleinen Fischerbank sich erstreckend.

III. Doggerbank, 45—50 m Tiefe.

IV. Kleine Fischerbank bis Skagen, bis zu 110 m Tiefe herabreichend.

V. Mittlere freie Nordsee zwischen der Doggerbank und der 100 m-Linie.

VI. Nördliche Nordsee, nördlich der 100 m-Linie, bis über die Shetlandsinseln hinausreichend.

VII. Norwegische Rinne, mit Tiefen von 110—500 m (Skagerrak bis zu mehr als 800 m)."

VII. Gesteine der rezenten Flachsee und ihre geologische Bedeutung

Zu den älteren Absätzen der Nordsee gehört der Mytiluston, den Schucht als einen sehr fetten, nicht plastischen Ton schildert, der infolge starker Schrumpfung des Materials leicht in große Brocken zerfällt, während andererseits Dünnblättrigkeit vorhanden sein kann. Die Schalenreste können auf größere Strecken hin ganz fehlen. Das Gestein erinnert vielmehr an die Letten- und Bröckeltone älterer Formation, die Farbe ist grau, seltener grünlich-grau oder rötlich-grau. Gleichaltrig mit der marin-brakischen Schicht des Mytilustons ist der Cardiumsand, der gleichfalls den bei Hamburg auftretenden marinen Interglazialschichten angehört. Es handelt sich dabei um kalkfreie Quarzsande mittlerer Korngröße, die mit feinsandigen, tonigen Partien wechsellagern. Der Einfluß von Ebbe und Flut reicht weit in das Mündungsgebiet der Elbe hinein (siehe Taf. V, Fig. 11a, b), und die Sand- und Schlickbildungen im Flutgebiet der Elbe sind in dankenswerter und ausgezeichneter Weise von Schucht beschrieben worden. Sie sind fast immer durch einen relativ hohen Gehalt an Einfachschwefeleisen (FeS) ausgezeichnet, der die bräunlich-schwarze bis graue Farbe des Sedimentes hervorruft. Die hellen Sande an der Oberfläche können im Watt über ihren wahren Charakter leicht täuschen, schon in ganz geringer Tiefe setzt die schwärzliche und graue Farbe ein. Unterm Mikroskop besteht das Einfachschwefeleisen aus Bröckchen, die die einzelnen Quarzkörner umhüllen, und es charakterisiert sich als Fäulnisprodukt schwefelhaltiger organischer Stoffe bei Gegenwart von Eisen. Wichtig bei der Bildung ist vor allen Dingen die Einwirkung von Bakterien, die bei völligem Abschluß von Sauerstoff ihr Sauerstoffbedürfnis durch den Sauerstoff der schwefelsauren Salze, die sie in Sulfide umwandeln, decken. Die Sedimente des nicht mit Salzwasser vermengten Elbwassers sind frei von Kalziumkarbonat, es wird aber etwa bis 1 % dolomitisches Karbonat enthalten, dann nimmt unter dem Einfluß des Meerwassers der Gehalt der Sedimente an $Ca(Mg)Co_3$ stromabwärts bis zu 9—11 % in gesetzmäßiger Weise zu. Der hohe Gehalt an Einfachschwefeleisen ist charakteristisch für die im Flutbereich auftretenden Sedimente.

Es handelt sich bei diesen Betrachtungen um die Frage, wie weit bei kritischer Betrachtung rezente Flachseeablagerungen für sedimentations-geschichtliche Vergleiche herangezogen werden

können. Der Ostsee gegenüber haben die Ablagerungen der Nordsee ein besonderes Interesse, weil es sich dabei um ein Gezeitenmeer handelt. Die heutige Nordsee stellt ja nur eine Transgression des Meeres über einen Teil des sich fast unmerklich absenkenden Kontinentes dar. Ihre wechselvolle und bedeutsame Geschichte soll hier allerdings unerörtert bleiben. Die Küstenerscheinungen sind zwar mannigfaltig und wechselvoll genug, aber die gesteinsbildenden Vorgänge sind doch recht einheitlich. Das Problem, das uns hierbei zunächst beschäftigt hatte, war vor allem:

In welcher Anordnung gelangt die Lebewelt der heutigen Nordsee, soweit sie überhaupt erhaltungsfähig ist, in den Sedimenten dieses Meeres zur Einbettung?

Was wird aus der reichen Lebewelt nach ihrem Tod?

Wo und wie bleibt sie erhalten?

Die Verhältnisse liegen insofern einfach, als fossilführende Neubildungen von Dauer- und Erhaltungsfähigkeit nur zweierlei möglich sind: seewärts, außerhalb des eigentlichen Flachseebereichs, und küstenwärts bei Verlandungsvorgängen. Dazwischen sind aufbereitete versteinerungsleere Sedimente allenfalls mit Schalentrümmern zu erwarten, und gerade die gewöhnlich studierten und beschriebenen muschelbedeckten Sände und Platen der Außenseite des friesischen Inselkranzes sind vergängliche und wenig erhaltungsfähige Gebilde, deren Bedeutung man leicht überschätzt. So wird es begreiflich, daß im allgemeinen bei dieser Zweiteilung des zur-Ruhekommens der Schalenmassen seewärts schalenreiche marine Flachseesedimente, küstenwärts bei der Verlandung marine brakische oder organismenreiche Schichten zur Ablagerung kommen, während die dazwischen liegenden Wasserteile einen Gürtel organismenarmer, steriler, einförmiger Gesteine liefern, die das Fehlen einer reichen Lebewelt vortäuschen. Projiziert man diese flächenhaft in ihrer gegenseitig räumlichen Anordnung geschilderten drei verschiedenen Areale in die Zeit, so wird man bei den zonar bald küsten- bald seewärts sich verschiebenden Ablagerungen in den Profilen vertikal das miteinander abwechseln sehen, was auch synchron nebeneinander abwechselt. Es wird ja leicht einleuchten, wie berechtigt es ist, den mechanischen Vorgang bei der Ablagerung von Trümmereisenerzlagern mit der Bildung von Konchylienlagen in Flachseegesteinen zu vergleichen. Auch sie werden nach ihrer Schwere gesichtet, besitzen sie doch etwa die dreifache Fallgeschwindigkeit wie Sandkörner, behalten also dreimal schneller die Ruhelage bei,

was natürlich zu Speicherungsvorgängen führt. Solche Muschel- und Schneckenschalenanhäufungen finden sich nun, wie weiter unten noch weiter ausgeführt und erklärt wird, in der Flachsee, physikalisch und regional bedingt, in gesetzmäßiger Anordnung, genau so wie auch der Verlauf und die Kraft der Gezeiten und Wellen der Gesetzmäßigkeit nicht entbehren. Nach dem Tode werden also die passiv transportierten Schalen dort konzentriert, wo die aufwühlende und grundbewegende Kraft des Wassers am geringsten ist, oder wo sie so kräftig ist, daß nur die Schalen liegen bleiben können, die dann ebenfalls einer Verfrachtungsauslese unterliegen.

Beim Hinübertreten der Flutwelle aus tieferem in flacheres Wasser nimmt sie an Höhe zu; und zwar in umgekehrtem Verhältnis zur vierten Wurzel der Wassertiefe. Und noch wirksamer als diese Verflachung ist die seitliche Einengung, da hier die Fluthöhe umgekehrt zur Wurzel aus der Bahnbreite wächst, also auch hier reliefbedingende Gesetzmäßigkeiten Besonderheiten an den einzelnen Teilen der Küsten hervorrufen. Dementsprechend gilt auch das Gesetz, daß gerade die bedeutendsten Neubildungen in den gleichen Arealen vor sich gehen, wo die Zerstörung am schärfsten einsetzt.

Diese Unterschiede in der Stärke der Wasserbewegung bringen es mit sich, daß der Untergrund rinnenhaft sehr stark angegriffen oder zum mindesten frei gehalten werden kann, besonders natürlich dann, wenn große Wassermassen in kurzer Zeit eine enge Pforte land- und seewärts abwechselnd passieren müssen. Diese Auskolkungen und Priele konvergieren natürlich nach den Ausflüssen hin, und in ihnen macht sich besonders die Saugwirkung der Ebbe geltend. Dem Wachstum der Neubildung bei Verlandungsvorgängen an Gezeitenküsten setzt nach unten hin die Flachheit des Meeres und nach oben hin die Höhe der Flut eine natürliche Grenze, die nur durch Hebung oder Senkung abgeändert werden kann. Mit diesen den Grund freihaltenden abströmenden Wassern hat sich natürlich auch die grabende Tierwelt auseinander zu setzen. Am gleichgültigsten ist es natürlich für diejenigen Zweischaler, die bei kräftiger Muskulatur sehr flach eingegraben leben und die, wenn sie frei gespült werden, sich sofort wieder eingraben können. So die radial gerippte, hochgewölbte und damit fast kuglige, mechanisch widerstandsfähige Herzmuschel (Cardium edulis) und die rosenrot oder gelb gefärbte Plattmuschel (Tellina baltica). Es

ist ja bekannt, daß die Bewegungsfähigkeit beider Muscheln beträchtlich genug ist, um sich bei häufiger Umlagerung des Bodens behaupten zu können. Studiert man die Formen im einzelnen, so macht sich unter diesen grabenden Lebewesen in der Gestalt der Schalen bereits ausgezeichnet geltend, wie das physikalische Kräfteverhältnis in tonigem oder sandigem Milieu ein ganz anderes ist und wie die Art der Versteifung hierdurch bedingt wird. Zu den eingegrabenen Muscheln, die ihre einmal gewählte Stellung überhaupt nicht verlassen können, ohne daß sie festgewachsen sind, gehören wohl vor allem auch die Bohrmuscheln, deren zerkleinernde und die Zerbröckelung von Gesteinsrippen außerordentlich begünstigende Tätigkeit bei der Entstehung des Erzlagers von Salzgitter eine große Rolle spielt. Die in der Nordsee lebenden Arten, Pholas crenata und Pholas candida, sind also in ihrem Standort an solche Teile der Flachsee gebunden, wo in rinnenhaft gesteigerten Zonen der Wasserbewegung der Untergrund von Verschüttungsgefahr längere Zeit frei gehalten wird. Außerdem aber müssen die zur Ansiedlung geeigneten Teile des Untergrunds mechanisch widerstandsfähig sein, wie es der Tunl-Untergrund oder zähe Schlickbänke sind, deren Ausbiß dann freiliegt. Man kann im allgemeinen sagen, daß die Medien, die zur Ansiedlung geeignet sind, auch imstande sind, Gerölle zu liefern. Immerhin können auch diese Bohrmuscheln bei beginnender Verschüttung noch eine ganze Zeit aushalten durch das starke Verlängern der Syphonen, die das Dreifache der Schalenlänge erreichen können.

Eine eigenartige Wirkung der Gezeiten und der damit verbundenen Bewegung des Untergrundes, wie sie z. B. an der Nordsee in Tiefen zwischen 5—30 m gang und gäbe ist, und wie sie sich in der Abnutzung der rezenten Schalenbruchstücke der Sedimente wiederspiegelt, ist das Fehlen der submarinen Vegetation auf weite Flächen hin im Gezeitenmeer. Durch diese Pflanzenarmut ist dementsprechend die Tierwelt eine entsprechend spärliche. Außer der Abwesenheit der Pflanzen wird allerdings auch die Artenzahl auf beweglichem Grund dadurch verringert, daß auch die festsitzende Lebewelt selten zur Entwicklung kommen kann. Der Ostsee, der die Gezeiten fehlen, ist in den gleichen Wassertiefen eine starke Bedeckung des Untergrundes durch Seegras und Tang eigen. In diesem verhältnismäßig wenig belebten Untergrund der bewegten Teile der Nordsee bildet nun die Insel Helgoland eine Oase reichsten marinen Pflanzen- und Tierlebens, wie das Heincke

besonders eingehend geschildert hat. Und die gleiche Rolle hat die Gegend von Salzgitter den übrigen Teilen der Ostküste des unteren Kreidemeeres gegenüber zweifellos gespielt. Die Analogien sind ja sehr naheliegend. Wie in Helgoland Gesteine der Trias, der unteren und der oberen Kreide und Reste aus dem Geschiebemergel eine gewisse, dem tektonischen Aufbau entsprechende zonare Anordnung in einzelnen Fahnen zeigen, und wie ein breiter Saum mechanich aufbereiteter Trümmer weit in das Meer hinaus den Felsengürtel der Insel umsäumt, so sehen wir im Gebiet von Salzgitter die Gesteine der Trias und des Juras der Aufbereitung und der entsprechenden Anordnung unterliegen. Wir müssen gleichfalls annehmen, daß eine reiche Tangvegetation Fuß fassen konnte, und wenn wir in feinen Erzkorngrößen einzelne sehr große Eisensteinbrocken eingebettet finden, so ist der Transport in dem Bereich der feinen Komponenten häufig ermöglicht worden durch Tangbüsche, die daran hafteten.

Betrachten wir diejenigen rezenten Gesteine, die bei Verlandungsvorgängen in der Flachsee gebildet werden, also solche Gebilde, für die uns die Verhältnisse an der Nordsee ausgezeichnetes Vergleichsmaterial bieten, so muß man sich vergegenwärtigen, daß hier keineswegs von einem einfachen, flächenhaften Wachstum die Rede sein kann. Es ist sowohl aufs engste abhängig von dem Niveau des Meeresspiegels und erfolgt anderseits auch seitlich. Es ist vor allen Dingen die elektrolytische Wirkung der Meeressalze, die das etwa 15 mal schneller als im Süßwasser erfolgende Niederschlagen fein suspendierter Sinkstoffe verursacht. Selbstverständlich können diese kolloidal ausgefällten Niederschläge sich nur dort ablagern, wo von der Meeresströmung bereits verschonte Areale vorliegen. Diese rezenten Gebilde werden gewöhnlich als Schlick bezeichnet. Seine Farbe ist bräunlich-grau, grau-schwarz oder noch dunkler, er ist kalkhaltig, wobei der Gehalt an humoser Substanz verhältnismäßig variabel ist. Die Diatomeen- und Foraminiferengehäuse bilden einen wichtigen organogenen Bestandteil des Schlicks, der petrographisch ein ähnliches Gemenge von feinstkörnigem Sand und von Ton darstellt. Es ist leicht einzusehen, wie das Ablagerungsareal, wie die zur Ablagerung notwendige Zeitspanne abhängig ist von der herrschenden Windrichtung, vom Untergrund, von der Nähe der Flußmündungen und von der morphologischen Gestalt der Küste. Von genau denselben Faktoren ist auch die Beimengung

und die Korngröße des Feinsandes, sowie die Beimengung der Humussubstanzen abhängig, da die Korngröße ab- und der Gehalt an Humussubstanz zunimmt in dem Maße, wie die Wasserbewegung geringfügiger wird. Der Gehalt an Feinsand schwankt dementsprechend und beträgt im Durchschnitt etwa 13 %. Die kolloidalen Tonteilchen bilden 65—85 % der ganzen Masse. Gröberer Sand fehlt dem Schlick, der häufig 10 m Mächtigkeit erreichen kann, vollständig. Auffällig in der heutigen Nordsee und in fossilen Beispielen häufig wiederkehrend, ist der Reichtum an Glimmer in dem feinkörnigen Schlicksand. Er ist staubförmig verteilt und erklärt den verhältnismäßig hohen Kaligehalt von 0,75—1,26 % Kali in den Schlickanalysen. Dieser hohe Glimmergehalt findet sich in den hohen Nordseewatten sehr häufig, besonders in der Nähe der Elbmündung, wo sich bis zu 25 m Tiefe Glimmersand mit feinster Tonbeimengung findet. Glimmerstaub charakterisiert auch sonst die Nordseewatten und Marschen.

Watterde nennt man die bei Ebbe trockenlaufende Feinsand- und Schlickfläche zwischen Inselkranz und Küste. Der Vorgang der Ansammlung geht wohl kurzfristiger vor sich, wie der der Anschlickung und den hier auseinander gesetzten Aufbereitungs- und Entmischungsvorgängen entsprechend ist das Sediment, da wo Schutz vor Wasserbewegung vorhanden ist, reich an Schlick; wo die Wasserbewegung aber stärker ist, kann es höchstens zum Absatz von Sand kommen. Da, wo sich aber beide Gebiete verzahnen, da wo die Wasserbewegung rhytmisch an- und abschwillt, aber keine große Kraft mehr entwickelt, wechseln bändertonartig helle Sandlagen mit dunklen Schlickbändern, und an den Stellen, wo die Wasserbewegung noch erheblicher ist, reichern sich so gut wie ausschließlich die Organismenschalen an, so daß an regional und dynamisch genau bedingten Stellen viele Meter mächtige, sich bei dem künstlichen Abbau zum Kalkbrennen oder Mergeln immer wieder regenerierende Schalenmassen bilden, wie sich eine der bekanntesten am östlichen Rande der Hamburger Hallig findet. Hier reichert sich die gesamte Fauna der Nordsee an, sowohl die der Außenseite des Inselkranzes wie die des Wattenbereiches zwischen Inselkranz und Küste, und ihre Anhäufung zeigt deutlich die Struktur der marinen Schüttungshalde. Bei diesem Verlandungsvorgang gilt also durchaus nicht das Gesetz, daß sich das gröbere Sediment an der Küste und das feinere weiter seewärts angeordnet findet. Im Gegenteil, es finden sich in Küstennähe

kolloidal tonige und organische Substanzen, seewärts dagegen Sand, der spezifisch schwerer ist und gröberes Korn hat. Reiner feiner Schlicksand findet sich dann schichtweise in mächtiger Anhäufung oder auch gemengt und rhythmisch geschichtet mit Schlickbändern oder auch nur mit Schlick überzogen. Die Reinheit des Schlick- und Wattensandes ist durchaus nicht immer eine primäre Eigentümlichkeit, sondern die Gebilde sind häufig noch sehr stark verunreinigt, wie das aus den eben geschilderten Überzügen und Zwischenlagerungen bereits hervorgeht. Bei der Entmischung und beim „Sterilisieren“ dieser Flachseefazies spielt nun die grabende Tierwelt eine entscheidende Rolle: und es sind verhältnismäßig wenig Organismen, die dann allerdings in unglaublicher Individuenfülle aufzutreten pflegen, die hier die Reinigung übernehmen und von den organischen Beimengungen leben, die sich durch Mangel an Wasserbewegung anreichern. Besonders bekannt ist ja die Rolle des Sandwurms Arenicola marina, dessen Hauptverbreitungsgebiet sich ein Meter über und ein Meter unter dem Bereich der Niedrigwassergrenze findet. Die Wurmröhre ist U-förmig gekrümmt, kann bis ½ m tief in den Untergrund hineingreifen, öffnet also ein kleines Schichtprofil und besitzt eine gewisse Standfestigkeit, die dadurch entsteht, daß die Wandung durch schleimige Sekrete köcherartig verkittet wird. Sandköcherfetzen verschiedener Würmer sind in den Organismensäumchen der Flachsee sehr häufig. Es muß zugegeben werden, daß in den in der Nähe des Mundendes gelegenen Teil der Röhre — die Lebensweise des Tieres repräsentiert einen Saugbaggerbetrieb — unter kontinuierlicher Fortführung des vom Darm aufgenommenen Sediments nach den anderen Teilen der Röhre, Humusbestandteile geraten, wie sie sich auch in den Rippelmarkentälern anreichern: aber es findet außerdem noch eine Umsetzung des ganzen Sedimentes durch den Darm dieser Tiere statt. So kommt es zu einer Art Durchwässerung, Durchlüftung, Reinigung und Entmischung, die die Bildung des Einfachschwefeleisens zurückdrängt. Ja, diese Tiere nehmen den Kampf mit dieser giftigen Fazies in gewisser Weise sogar auf. Ihre Sekrete wandeln die dunklen Eisenverbindungen an den Röhrenwandungen in ein Oxyd um, deren Vorhandensein die Schwarzfärbung des Schlicksandes und das eigenartige Grau der Stelle, wo faulende Substanz darunter liegt, beweisen. Die Wirkung dieser Eisensalze ist ja allgemein bekannt. Geraten Schalen in das Gebiet des Einfach-

Schwefeleisens, so werden sie imprägniert und erscheinen dementsprechend bläulich. Bekannt ist ja auch, daß die Imprägnierbarkeit zonar wechselt. Am leichtesten beobachten wir diese Erscheinung an den Arten, die ihrem Lebensmilieu entsprechend im Darg- und Tonuntergrund leben, wie Mya truncata und Zirphäa crispata. Sekundär kann natürlich aus dieser Blaufärbung auch wieder eine Braunfärbung hervorgehen, wie man es bei Mactra donax, Mya und Ostrea häufig genug beobachten kann.

Es ist hier interessant, wie gerade die Grünsande so wie sonst kaum eine andere Fazies charakterisiert werden durch Grabgänge, meist wohl von Würmern und Seeigeln herrührend; sowohl die Grünsande von Altenbeken, wie die Grünsande des Neokom und Gault im Harzvorland oder die Grünsande der Westfälischen oberen Kreide oder des mittel-oligozänen Magdeburger Sandes. Mit Hilfe dieser Grabgänge läßt sich bei den Tiefbohrungen in der unteren Kreide in schichtfugenfreien Sandsteinen der Fallwinkel rekonstruieren. Die Struktur von dunkel gefärbtem Hilssandstein aus einer Erzbohrung westlich des Salzgitterer Höhenzuges ist Taf. VIII, Fig. 16c abgebildet. Ganz besonders deutlich kann man diese charakteristischen Grabgänge der mitteloligozänen Grünsande des marinen Deckgebirges der Braunkohlenschichten der Helmstedter Mulde sehen. An der Ausblasung durch Wind ausgesetzten Stößen wird das ganze Gewirr der Grabgänge, die etwas besser zusammenhalten, frei herauspräpariert. Dabei zeigt sich immer, daß die Grabgänge mit ziemlich sterilem weißem Sand gefüllt sind, und daß die Glaukonitkörnchen, die tonigen und die humosen Bestandteile das viel dunkler gefärbte Maschenwerk bilden. Die Differenzierung von hell und dunkel ist also offensichtlich eine Wirkung der Lebenstätigkeit dieser Organismen.

Quellerboden: Die Pflanzenwelt ist an der Verfestigung der zur Ruhe gekommenen Schlickmassen weitgehend beteiligt. Die Schlickoberfläche wird befestigt durch einen schleimigen Überzug von Diatomeen, der sich überall findet und auf dem die Hydrobien und die Litorinen ihre ununterbrochenen Weidegänge vollziehen. Ist die Auffüllung ziemlich weit gediehen, so erscheint Conferva chtonoplastes, eine grüne Alge, die häufig auch am Wattstrand lagenweise aufgeworfen wird, und die pappenartig filzige Sedimente liefern kann, wie wir sie bei den Sedimenten des ehemaligen Salzigen Sees noch beschreiben werden. Diese Alge erträgt noch regelmäßig Überflutung; häufig und zum Teil sogar etwas

übertrieben geschildert wird die Schlick fangende Wirkung des Queller, der überall dort erscheint, wo die Überflutung mit Salzwasser durch die Höhe der Anschlickung nur noch auf kurze Zeit erfolgt. Der Quellerboden besitzt weniger Nährstoffe und reichere Sandbeimengungen. Die Pflanzen bilden Rasen, die vom Sand wieder überschüttet werden, die lebenskräftig bleiben und hindurchwachsen und so fort. Das Resultat ist eine Erscheinung, die sich im fossilen Brakwassergestein häufig findet, z. B. in den mitteldeutschen küstennahen mitteloligozänen Schichten. Es finden sich nämlich hell gefärbte Sand- und dunkler gefärbte Schlicklagen, die, wie oben erwähnt, an die feinschichtigen Ablagerungen der Magdeburger Sande am Wattufer des Septarientonmeeres in der Gegend von Halle erinnern. Man kann aber auch denken an das wattenartige Gebiet der Küste des Neokommeeres im nördlichen Harz-Vorland. Hier hat P. B. Richter ein eigenartiges Pflanzengenus „Nathorstiana“ aus der Gegend von Quedlinburg beschrieben. In der Fundschicht selbst sind Reste der Meeresfauna nicht vorhanden, aber in unmittelbar benachbarten Schichten finden sich viele Reste von Panopaea, Trigonia und von Ammoniten. Es handelt sich also um Muschelarten, die wie Mya arenaria mit dem Vorderende nach unten eingegraben leben, wie sie sich noch in Lebensstellung im Erz des Fallsteins bei meinen Aufgrabungen gefunden haben, und die nun zu Säumen angereichert auftreten zusammen mit den Schalen von Crioceras capricornu; die Nathorstianen gehören also wahrscheinlich dem Hauterivien an. Die fraglichen Reste finden sich in der Nähe einer Schicht, die durch Pflanzenreste ganz schwarz gefärbt ist und die dem Gelände zu dem Namen „Dreckberg“ verholfen hat. Die Pflanzen stecken aufrecht im Sande, den Richter für Dünensand hält, weil er für Flußsand zu feines Korn hätte. Nicht selten fand er zwei oder drei Pflanzen, eine unmittelbar über der andern nacheinander verschüttet im Sande vergraben. Es ist nicht ausgeschlossen, daß der Nathorstianenboden des Neokoms von Quedlinburg dem Quellerboden der Nordsee entspricht.

Der Marschtonboden enthält fast immer Eisenoxydul und Einfachschwefeleisen. Die Kieselsäure ist zum Teil in Form von Diatomeen enthalten. Die Tonerde kommt auch als Tonerdehydrat vor. Es handelt sich im wesentlichen um ein Gemenge von Ton, Glimmer, Feinsand und Humus, es besitzt sehr starke Kohärenz, erhärtet sehr stark und bekommt auf diese Weise sehr leicht Risse,

wie man das an der Wattenküste häufig beobachten kann, wo Trockenrisse keine Seltenheit sind. Der schon mehrfach erwähnte Darg oder Meertorf ist ein schlammiger, schwefelkieshaltiger Torf, der in frischem Zustand braun bis schwarz gefärbt ist, ziemlich voluminösen Charakter besitzt, häufig mit Schlick durchsetzt ist, keine Durchlässigkeit besitzt und stark nach Schwefelwasserstoff riecht, den er auch beim Brennen entwickelt, so daß er nur zur Seesalzgewinnung, nicht aber zum Hausgebrauch geeignet ist. Bei Sturm sind schon halbe Morgen große Massen ausgeworfen worden. Der jüngere Darg ist gekennzeichnet durch Phragmites communis. Unter Dargmaibold versteht man das Liegende des Darg oder besser die oberste Schicht seines mineralischen Untergrundes, eine Schlickschicht, die meist mit Eisenocker und Vivianit durchsetzt ist. Pulvererde ist ein giftiger Einfachschwefeleisensapropeltonsand. Der Schlamm des Jadebusens ist stark schwefelwasserstoffhaltig, ist frisch tiefschwarz, trocken dagegen grau und erlangt dann große Festigkeit. Er enthält 4,7 % Humus, 5,2 % kohlensauren Kalk, 1,2 % Kali, 0,18 % Phosphorsäure. Bei der Umsetzung entsteht Gips, Eisenhydroxyd und Kohlensäure. Humus-Schlammassen in stärkerer Bedeckung können bei mangelndem Luftzutritt Sulfate in Sulfide überführen, wobei unter Abscheidung von Schwefel Schwefelwasserstoff entsteht, der mit löslichen Eisenverbindungen zu Einfachschwefeleisen sich vereinigt.

Unter Maibolt versteht man kalkfreien, schwefelkieshaltigen Ton und Schlick, durchsetzt mit schwärzlichen schwefelkieshaltigen Schlicklagen, und Zweifachschwefeleisen enthaltend, das bei der Zersetzung Eisenvitriol und schwefelsaure Tonerde liefert.

Wir hatten vom lateralen Wachstum der Brakwasser- und Flachseegesteine gesprochen und finden natürliche, ganz ähnlich gesetzmäßige Erscheinungen auch an den Ufern der Binnenseen wieder. Sehr interessante und nicht genügend verwertete Aufschlüsse in dieser Hinsicht bietet der ehemalige Salzige See im Mansfelder Seekreise, wo die Sedimentzufuhr an der Ausmündung eines den Süßen mit dem Salzigen See verbindenden Ausflusses in der Nähe des heutigen Bindersees besonders stark war. Die ganze Neubildung ist verhältnismäßig sehr jugendlich und durch das Auspumpen des Salzigen Sees und die Tieferlegung der Erosionsbasis heute wieder stark eingerissen. Die Aufschlußverhältnisse sind dementsprechend auch wechselnd. Die hier beschriebenen drei Profile aus einem Talriß am Westufer des Bindersees, wurden vor einer Reihe von Jahren aufgenommen.

Profil I. 1. Graue Seetone, etwa 16 cm Mächtigkeit erreichend. Untergrund noch mindestens 80 cm graue Seetone. Es zeigt sich ein häufiger Wechsel dünner heller Schichten mit gelbgrauem bis grün oder schwarzgrauem Mergelton. Die helleren Schichten sind feinspaltende Konfervenpappen, die meist nicht ganz rein sind und die dem eisenoxydulgefärbten oder durch Humus schwärzlich erscheinenden Mergelton eingelagert sind. Mit zunehmendem Tongehalt steigt die Beimengung kohligen Häcksels, es handelt sich durchgängig um feines Material, das in tieferem Wasser jenseits der Phragmiteszone abgesetzt worden ist. Phragmitenbruchstücke finden sich nur in den allerobersten Lagen. Die unteren Partien führen reichlicher Schnecken als die oberen; sie treten nicht lagenweise, sondern sporadisch auf. Doch finden sich auch winzig zerriebene Bruchstücke.

2. Die nächsten 30 cm bilden einen ersten Phragmiteshorizont. Die Rhizome sind in der Mitte des Phragmitetums am dichtesten. 15 cm über der Unterkante nehmen die Schnecken zu. Unten findet sich Neritina fluviatilis (var. halophila Klett) und Limnaea ovata über den obersten Strünken und dazwischen steigt der Schneckengehalt erheblich. so daß der Tongehalt zum erstenmal zurücktritt, also eine lockere kalkreiche Bildung entsteht, die aber keinen ausgeprägten Hydrobienhorizont bildet.

3. In 10 cm Mächtigkeit folgen Gesteine, die dem Liegenden des Phragmiteshorizonts sehr ähnlich sind und bei merklich abnehmendem Schneckengehalt nur noch vereinzelte Phragmitesstücke führen.

4. Ein darüber liegender 30 cm starker Horizont ist charakterisiert durch die Zunahme von Buntsandsteinmaterial, das allerdings ziemlich feinkörnig ist. Schnecken fehlen, die Bildung ist kompakt und einheitlich. Die ersten 20 cm sind braungrau, das obere Drittel ist etwas entfärbt, auch tritt hier allmählich Beimischung von roten Buntsandsteinteilchen auf. Die darin befindlichen Pflanzenreste sind ziemlich spärlich, von der Oberkante her verrostet, und oft ist von den Stengeln nur noch ein Rostring erhalten. Die obersten 10 cm bestehen aus rotem Sandsteinschutt.

5. Ein 20 cm starker zweiter Phragmiteshorizont mit dicken Wurzelsträngen und Schnecken. Nach oben nehmen in einer 10 cm mächtigen Lage die Phragmiten stark ab. Wenige rote Sandsteinschmitzen deuten die letzte Zunge einer uferwärts anschwellenden Linse vom unteren Buntsandsteinmaterial an. Dar-

über liegt eine 3 cm starke Lage, die tiefschwarz und kohlig gefärbt ist und aus einer dichten Packung von Laubbaumblättern besteht. In dem Horizont 5 ist hauptsächlich Limnaea ovata und Neritina fluviatilis vertreten.

6. Darüber liegen 25 cm scharfeckiger, grobstückiger Buntsandsteinschutt, der 2 m nach rechts bereits auskeilt, meist rote Färbung besitzt und die Grenze zum dritten Phragmiteshorizont abgibt.

7. Der oberste dritte Phragmiteshorizont ist 40 cm stark. Der Schichtstoß beginnt mit Seetonen, denen sich, rasch an Zahl zunehmend, Phragmites beimischt, das durch kräftige Wurzelstrünke vertreten ist. Dann folgt eine Bedeckung der Strünke durch meteorpapierartige Konfervenpappen mit schalenreichen Hydrobienlagen. Diese Konfervenpappen gleichen zunächst die unebene Oberfläche des Phragmiteshorizontes aus und bilden dann kompakte feste Pappen. Die Spaltbarkeit dieser zähen Grünalgenschichten ist eine außerordentlich große. Innen sind schichtenweise die Hydrobien eingelagert. Diese feine Spaltbarkeit ist keine Schichtung, sondern eine mit dem Setzungskoeffizienten in engem Zusammenhang stehende sekundäre schichtparallele Druckschieferung, wie sie genau so in den zunächst ganz wirren Seegrasaufhäufungen an der Ostsee sich einstellt, sobald sie mit Sand überschüttet sind.

8. Eine 10 cm mächtige rot und weißliche klastische Lage mit roten Sandsteinbrocken und Gesteinsbrocken aus der diluvialen Grundmoräne.

9. Bis zur Rasendecke findet sich noch ein Meter Seetonmergel, häufig unterbrochen durch grobe klastische Zufuhr, sporadisch durchsetzt mit Phragmiten, zwischen deren Wurzellücken Bythinia tentaculata und Limnaea stagnalis in großen Nestern sich findet. Die Konfervenpappen und Hydrobienlagen spielen nun im eigentlichen Seeboden des Salzigen Sees eine außerordentlich wichtige Rolle. Man kann sie bis zu 5 m Mächtigkeit, mit Seetonmergel abwechselnd, beobachten an den Wänden der Einbrüche, die die Wasser des Salzigen Sees mit dem Schlottensysteme des Zechsteingipses in Verbindung setzten. In ihrer Zähigkeit, ihrem Gehalt an organischer Substanz, ihrer Spaltbarkeit und ihrer Verteilung der Fossilien erinnern sie entschieden etwas an die pappeartigen Posidonienschiefer des Lias ε. Im Mainzer Becken, an der heutigen Nordsee und im ehemaligen Salzigen See finden wir eine stetige Verknüpfung von Konferven- und Hydrobienmassen. Häufig spiegelt in diesen Sedimenten sogar ein jahreszeitlicher Rhythmus wieder.

Das Profil II ist 2 m seewärts vom Profil I aufgenommen. Der tiefschwarze Baumblattpflasterhorizont ist von 3 auf 5 cm angeschwollen. Im Liegenden finden sich nur Tone, die beiden Phragmiteslagen sind bereits ausgekeilt. Darüber liegen 30 cm graue und gelbe Tone, darüber liegt ein 20 cm starker Phragmiteswurzelboden, dessen Hangendgrenze außerordentlich hydrobienreich ist. Darüber findet sich Buntsandsteinschutt.

Das Profil III liegt 9 m seewärts von Profil I. Die schwarze Leitschicht ist auf 10 cm angeschwollen, die Blattreste sind aber alle vollständig maceriert. Darunter liegen rötlich-gelb-braune, schwärzliche Seetone und Mergel. Das Hangende bildet 2 cm roter Ton, 25 cm braungrauer Ton, mit einer gering-mächtigen roten Schicht, ein 30 cm starkes Phragmitetum und 25 cm Konfervenpappen und Hydrobienlagen. Darüber liegen 60 cm rote und gelbbraune Tone, das Hangende ist nicht ausgeschlossen.

Kombiniert man diese drei Profile, so ergibt sich ein Profil, wo die schwarze Leitschicht offenbar einem auch historisch nachweisbaren sehr hohen Stand des Seespiegels entspricht. Uferwärts keilt sie aus, seewärts schwillt sie an. Uferwärts findet sich ein mächtiges Phragmitetum, seewärts drei vertikal übereinander, noch weiter seewärts nur noch zwei, noch weiter draußen eins und am rechten Rand des Profils keines mehr.

Genau wie am Beispiel von Salzgitter läßt sich in den Flachseeablagerungen des unteren Kulm die Abhängigkeit der Sedimentation von den im Gezeitenmeere üblichen Kräften ableiten. Ich habe das in einer Arbeit über den Kulm des Oberharzes ausgiebig behandelt und habe gezeigt, wie gerade zur Zeit der Ablagerung der Lautenthaler Schichten ein häufiger Wechsel der Wasserbewegung in den strandwärts gelegenen Arealen aus der Profilbeschaffenheit geschlossen werden kann. Die Begrenzungen des Bereichs klastischer Aufschüttungen unterliegen natürlich sehr leicht flächenhaften Oszillationen. Der Ablagerungsvorgang hat Trennungs-, Entmischungs- und Aufbereitungsvorgänge zur Folge, und der Rhythmus im Niederschlag der Grauwackenbänke macht sich noch weit hinein geltend in dem Bereich der gleichzeitigen Schalenanreicherung und Tonschlammniederschläge des ruhigeren Wassers. Im oberen Teil der Lautentaler Schichten des Oberharzes am Heimkopfberg findet sich folgendes kleine Spezialprofil:

Schiefer mit Grauwackenmassen vermengt 20 cm, Alaunschiefer 8 cm.

Bank	I.	Glimmer führender Crinoidenkalk mit Bruchstücken von Posidonienschalen und Quarzkörnern 4 cm,
		Alaunschiefer 8 cm,
		Grauwackentonschiefer 3 cm.
Bank	II.	Glimmergrauwacke 7 cm,
		Schieferplatten 51 cm.
Bank	III.	Tierbrutkalk mit Glimmer und Quarz 5 cm,
		Schieferplatten.

Diese Schichtfolge zeigt die Wirkung zunehmender Wasserbewegung und darauf schnell wiederfolgender Stagnation. Auf klastische Bänkchen folgt Alaunschiefer. Den Glimmerreichtum — Bank II besteht fast ausschließlich aus ihm — kann man mit Sicherheit als mechanisch ausgesonderte Randzunge größerer und kleinerer, an Glimmer entsprechend verarmter Grauwackenbänke deuten. Die beiden anderen Bänke sind keine feinschichtigen Glimmergrauwacken, sondern feste, ziemlich helle, eisenschüssige Kalke, die aber mit Quarz und Glimmer vermengt sind. An organischen Resten enthält die obere Bank, die reich an Schwefeleisen-Aggregaten ist, Bruchstücke von Posidonienschalen und kleine Crinoidenstilglieder, also solide Gebilde. Die Kalkbank im Liegenden der Glimmergrauwacken dagegen enthält Schalen von Orthoceren, Goniatiten, sowie doppelklappige Zweischalerbrut, also Hohlgebilde in großer Menge. Dunkle rundliche Schollen von Tonschiefermasse füllen in dem weißlichen Kalkgrund einzelne Tierbrutgehäuse, die im übrigen mit reinem Kalkspat erfüllt sind. Gegenüber den tierischen Hohlgebilden besitzen die klastischen Komponenten dieses Gesteins, sperrig und vereinzelt liegende Glimmer und Quarze, dem absoluten Gewicht entsprechend, viel geringere Größe und treten dementsprechend hinter den organischen Resten stark zurück. Es zeigt sich ganz deutlich, daß diese Tierbrutschalen angereichert wurden bei gleichzeitiger Bewegung von klastischem Material. Schon in der Glimmerbank finden sich Lagen kleiner Organismen, die weiter hinaus ins ruhige Wasser getragen wurden. Ihre Anhäufung erzeugt Kalkbänkchen als Saum der Grauwackenschüttung. Es ist ein Beispiel mechanischer Sonderung nach der Schwere und zugleich ein Beweis dafür, daß gewisse Überstreuungen von Schichtflächen mit Organismenschalen, daß dünne Schichtfugen mit Glimmerblättchen, ja, daß reine Schieferbänkchen mit einem Zuviel an organischer Substanz in direkter Beziehung zu grob-

klastischen Sedimenten peripherer Gebiete stehen, deren oszilierenden Rand sie seewärts begleiten als Sandbänder, Glimmerlagen, Schalenmassen, Schalentrümmergesteine oder Tierbrutkalk, als Schichten mit Landpflanzenresten und Cephalopoden und als Niveaus mit Toneisensteingeoden und Phosphoriten. Die von mir beschriebenen Tierbrutkalklagen der oberen Lautenthaler Schichten verdanken ihre Entstehung ebenfalls zum Teil gesteinsbildend angereicherter Tierbrut. Auch der obere Grenzhorizont der Lautenthaler Schichten zeigt mechanische Sonderung der Schalenreste in rhythmischem Wechsel. Zwischen Schiefer mit großen Posidonien treten rasch hintereinander 4—5 dünne Kalkbänkchen voll jugendlicher Exemplare auf, wobei die größeren Exemplare nur durch einzelne eckige Schalenbruchstücke vertreten sind. Da ich nachgewiesen habe, daß die Wölbung der jugendlichen Posidonien in der linken Klappe viel bedeutender ist als in der rechten, so findet sich dementsprechend auch eine auffallende Unstimmigkeit zwischen der Anzahl Schalen der rechten und der linken Klappe. Der mechanischen Sonderung gegenüber reagieren derartige Gebilde natürlich ganz verschieden, je nach der Wölbung, der Größe, der Fläche, der Kompliziertheit oder Einfachheit der Gestalt und was dergleichen mehr ist. So wird die akzessorische paarige oder unpaarige Mittelschale der Pholasarten an ganz anderer Stelle abgelagert, wie die beiden Klappen des Tieres. Betrachtet man nun die strandwärtige Verfrachtung, so gelangen die Schalen in der üblichen Stellung, die Wölbung nach oben, in und auf die Sandplaten, die kleine akzessorische Schale dagegen zusammen mit jugendlichen Schnecken und Muscheln, mit Krebsbeinresten und Wurmköchern in die tiefsten Rippelmarktäler am Außenrand dieser Fläche, wo man sie regelmäßig antreffen kann. Schon Philippi hat darauf hingewiesen, daß die gewölbten Schalen viel leichter als die flachen an den Strand geworfen werden, und daß man in den durch Aufbereitung angereicherten Flachseegesteinen von ungleichschaligen Zweischalern fast immer nur die gewölbtere Schale antrifft. Richter hat kürzlich den überall leicht zu beobachtenden Verfrachtungsunterschied zwischen der mit Ligamentlöffel versehenen Klappe von Mya arenaria, die sich viel leichter festlegt, und den besser fortführbaren Gegenklappen, geschildert. Bei einem derartig verschiedenen Verhalten kann es natürlich auch leicht zur Zerstörung der leichter beweglichen Schalen kommen, so daß die leichter festgelegte Klappe schließlich häufiger ist als die andere. Im übrigen sind die sta-

tistischen Auszählungen an fossilem Material meist regional viel zu beschränkt. Durch solche Aufbereitungsvorgänge kann das Verhältnis der Bodenfauna zum Nekroplankton großen Schwankungen unterliegen. Die verschiedensten Abstufungen der Vermischung einzelner Arten bis zum vollständigen gegenseitigen Ausschließen sind in dem fossilreichen, als Beispiel herangezogenen unteren Posidonienschiefer des Kulms scheinbar regellos einem Wechsel von Schichtfläche zu Schichtfläche unterworfen, so daß trotz der Eintönigkeit der Fauna ein wechselvolles Bild der Versteinerungsführung erkennbar ist. Immer wieder ändert sich die Beschaffenheit der Organismenanreicherungen, einzelnen kleinen, aber doch spezifischen Ereignissen und Wasserbewegungsvorgängen entsprechend, deren Wirkung man sieht, deren Mechanismus aber erklärt werden muß. Es fehlt bei dem scheinbar regellosen und schwer darstellbaren Gehalt an Schalenresten in den kleinsten Elementen der Schichtserie durchaus nicht an Gesetzmäßigkeiten. Die einzelnen Fazies der Auffüllung eines bei ansteigender Küste flacher werdenden Meeresareals können oft durch die vertikal übereinander liegenden Fossileinschaltungen in gleicher Weise erschlossen werden, wie es an anderen Punkten oder in größerer Küstennähe leicht durch petrograpischen Wechsel erschlossen werden kann. Die Auswertung solcher Gesichtspunkte für die Kulmschichten findet sich in meiner Spezialarbeit, sie läßt sich aber mit bestem Erfolg auch in Flachseegesteinsserien beliebigen Alters anwenden.

VIII. Weiteres zur angewandten Paläontologie der Flachseegesteine

Graben wir dementsprechend Strandprofile auf, so sehen wir deutlich die durch diese natürlichen Entmischungsvorgänge geschaffene Differenzierung. Wir finden den grobkörnigen, durch Feldspate und durch Feuersteinbruchstücke gekennzeichneten Spatsand, Feinsandlagen, feinspaltende Pappen, die den vom Setzungskoeffizienten betroffenen Seegrasanhäufungen entsprechen und die gewöhnlich Bernstein führen; ferner Cardiumlagen und Organismenanordnungen, wie wir sie flächenhaft beobachten können und geschildert haben (vgl. Taf. III, Fig. 6). Es fallen außerdem noch Lagen auf, die im wesentlichen aus doppelklappigen Individuen bestehen, meist aus Cardium edule und Mytilus edulis zusammengesetzt,

ähnlich wie das auf Taf. VI, Fig. 12 dargestellt ist. Häufig gehen diese Lagen aus in ein Cardiumpflaster mit mit nach oben gerichteter Wölbung angeordneten einklappigen Schalen, auch hier wird man das Studium der rezenten Flächen zur Beurteilung der Profilbilder heranziehen können. Taf. II, Fig. 3 ist gezeichnet bei anhaltendem starkem Windstau im Innern der Lübecker Bucht bei ablandigem Wind. Das Fallen des Wassers ist nicht ganz kontinuierlich, sondern etwas etappenweise erfolgt. Die mit Rippelmarken bedeckte Fläche verdankt ihr Relief noch verhältnismäßig hohem Wasserstand. Im Vordergrund erhebt sich über dem tiefsten Teil der Fläche mit ziemlich kräftiger Böschung eine Sandbank, die den eigentlichen Strand nur mit schmalem Hals berührt und sich derartig vom Strand wegwendet, daß die mit Rippelmarken bedeckte Fläche sich nach links hin schnell verbreitert. Die eigentliche Uferböschung besteht in den muschelbedeckten Teilen aus grobkörnigem Spatsand und man sieht im rechten Bildteile, wie von den bewegten Schalenmassen jeweils ein Teil in terrassenartigen Furchen mit dazwischen liegenden muschelfreien Flächen mit abnehmender Wasserbewegung zur Ruhe gekommen ist. Die Umgrenzung der Sandbank, die Anordnung von Rippelmarken und die gesetzmäßige Verteilung der Organismen, die in dem Winkel zwischen Sandbank und Strand besonders angereichert sind, steht im Zusammenhang mit einem schiefen Auflaufen der Wellen. Die in den Furchen strichweise angedeuteten Cardiumpflaster vereinigen sich links zu einer einheitlichen Cardiumdecke, die die vier Miniaturterrassen schräg abschneidet und ganz gleichmäßig aufsteigt. Beim Fallen der Wassermassen wird nun der Sand, auch der der Sandbänke so wasserhart, daß die eingegrabenen Muscheln ihr Medium verlassen, und bei längerem Andauern des Windstaues kommt eine große Anzahl Individuen zum Absterben; so finden wir die Rippelmarkfläche überstreut mit doppelklappigen Exemplaren, die sich an der Grenze der von Rippelmarken bedeckten Fläche gegen das Cardiumpflaster schüttungsartig anreichern. Es sind also tote Winkel im Schutze von Sandriffen, in denen diese Anreicherung vor sich geht; und es ist nicht unwahrscheinlich, daß viele von den einklappigen Individuen bereits im Strandprofil Anhäufungen doppelklappiger Schalen angehört haben, bis sie wieder frei gespült wurden, während gleichzeitig die neuabgestorbenen (resp. von anderen Tieren getöteten) Muscheln doppelklappig erhaltene und deswegen doch nicht autochthone,

dem Standort und der ursprünglichen räumlichen Verteilung entsprechende Reste darstellen. Die enge Räumlichkeit des von uns gewählten Beispiels ist natürlich an charakteristischen Umbiegungen oder Einbuchtungen der Küste in den Dimensionen sehr viel größer und ausgedehnter, und um es näher zu erläutern, sind in Taf. VI, Fig. 12 schematisch die Verhältnisse dargestellt, wie sie in überaus charakteristischer Weise im Herbst 1922 beim Bau des Flensburger Freihafens aufgeschlossen waren. Ich konnte diesen prächtigen und ausgedehnten und nur sehr kurze Zeit sichtbaren Aufschluß mit Professor Wüst aus Kiel, der ihn noch spezieller bearbeiten wird, untersuchen. Wir sehen in den tieferen Lagen des Profils Spatsandlagen, Seegrashorizonte und die geschilderten Schalenansammlungen mit meist doppelklappigen Exemplaren, die durch Windstau nach vorausgegangenem Sturm, eventl. verbunden mit Frost, getötet wurden oder die bei Sturm freigespült, angereichert und so mit faulender Substanz vereinigt wurden, daß die noch lebenden Tiere durch Sauerstoffmangel und Entwicklung von Schwefelwasserstoff eingingen. Das ganze Schichtprofil zeigt also den Aufbau einer Ablagerung in so flachem und bewegtem Wasser, daß kein Tier so eingebettet liegen blieb, wie es seiner Lebensstellung entspricht, sondern das Medium und die tierischen Reste durch Entmischungsvorgänge voneinander getrennt wurden. Über diesen bezeichnenden Profilen findet sich eine bis 20 cm mächtige feinkörnige, schwach tonige Sandschicht, die im Gegensatz zu den tieferen Lagen ihre tierischen Reste in ursprünglicher Lebensstellung zeigt. Es handelt sich um eine autochthone Bank von Mya arenaria, die weithin aufgeschlossen überall die vertikal im Sand steckenden, doppelklappigen, verschiedenaltrigen Exemplare von Mya arenaria zeigt, mit nach unten gerichtetem Vorder- und nach oben gerichtetem Hinterende. Die Abtötung dieser Myabank ist in diesem Falle künstlich erfolgt, da man vor einer Reihe von Jahren zur Verbreiterung des Föhrdenufers eine Aufschüttung des Seebodens mit Geschiebelehm vorgenommen hat, den man sich also über dem Profil auflagernd vorzustellen hat. Auf diese Weise sind die häutigen Siphone der Tiere noch in etwas geschrumpfter Gestalt erhalten. Charakteristisch ist nun vor allen Dingen die absolute Reinheit des Einbettungsmediums, die durch die grabende Tätigkeit und den Stoffwechsel der Muschel selbst verursacht ist. Wir kommen dabei gleichzeitig zu der Betrachtung einer wichtigen Rolle der grabenden Lebewelt der Flachsee, die

durch aktive Entmischung, Umarbeitung und substanzielle Änderung Bänken und Schichten ihren Charakter aufprägen kann, selbst wenn ihre Reste nicht erhalten bleiben. Wir können an der hier auf einer ausgedehnten Fläche wieder freigelegten Myabank eine ganze Reihe wichtiger Feststellungen machen. Verfolgen wir die Lage nämlich föhrdeneinwärts, so sehen wir, wie ihre Mächtigkeit abnimmt, wie dementsprechend Mya arenaria zurücktreten muß, und wie statt dessen an der offenbar ständig durch Wasserbewegung freigehaltenen Kante dieser Sandbank sich eine geschlossene, vollständig in situ befindliche Bank von Mytilus edulis mit doppelklappigen, den Bauchrand regulär nach oben gerichteten Tieren in Lebensstellung entwickelt. Die reine Myabank geht also seitwärts in eine ebenso reine Mytilusbank über. Die Verteilung der Arten ist abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit der den Untergrund beeinflußenden Wasserbewegung. Die Myabank zeigt nun aber noch sehr interessante Strukturunterschiede. Es ist in der Taf. VI, Fig. 12 angedeutet, wie das Tier ständig Sand aus den tiefen Teilen der Bank durch seinen Darm passieren läßt, um ihn oben wieder auszustoßen. Es wird also die Sandbank dadurch viel ärmer an pflanzlichem, tierischem und organischem Material, das sonst ja oft reichlich beigemengt und besonders auch in dem darunter liegenden Schichtprofil reichlich enthalten ist. Nur etwa in dem Niveau, wo die Vorderränder der aufgerichteten Schalenpaare nach oben abschließen, findet sich eine Art toter Winkel, in dem der Sand nicht so rein körnig ist, in dem sich viel feinkörniges und schlammiges Material erhalten oder angereichert hat, wo reichlich faulende Substanz vorhanden ist, und wo sich dementsprechend eine Art Fällungsspiegel erhalten konnte, in dem die Eisenlösungen in Form von Einfachschwefeleisen ausgefällt worden sind. Diese Partien treten im Profil schwarz hervor, und man muß sich klar machen, daß diese Lagen als letzter Rest der vorhandenen faulenden Substanzen in der Lage waren, eine Giftwirkung auszuüben, die vielen Organismen das Besiedeln der Bank völlig unmöglich machen würde. Mya arenaria ist imstande, dieser Giftwirkung durch einen kräftig oxydierenden Schleim entgegenzuarbeiten, und wir sehen dementsprechend im Profil die Tiere mit einem in der Zeichnung (Taf. VI, Fig. 12) horizontal schraffierten Saum umgeben, der durch Eisenhydroxyd rostbraun gefärbt ist. In dem stumpfen weißlich-gelben sandigen Medium heben sich also die großen Schalen mit ihrer Eisenhydroxydaureole, die besonders die

Siphonalgegend auszeichnet, überall heraus und dazwischen ist beim frischen Anstechen die tiefschwarze Lage kräftig gegen die Umgebung kontrastierend. Dieses geringmächtige Flensburger Profil kann natürlich auch weitgehend zu chronologischen Schlüssen ausgewertet werden.

Erstens finden wir an der Grenze der Myabank gegen die tieferen Schichten vereinzelte, teils doppelklappige, teils einschalige Myen, die durch die darüber lagernde Schicht breit gedrückt und zerbrochen worden sind. Sie geben Kunde von einer früher vorhandenen, frei gespülten und zugrunde gegangenen Ansiedlung, die der darüber entwickelten vorausging und etwas seitlich dazu zu denken ist. Außerdem entspricht die Grenze zwischen der Myabank und der darunterliegenden Ablagerung einer wichtigen zeitlichen Lücke. Mya arenaria lebt noch nicht 200 Jahre in diesen Regionen; und wenn wir die Organismen, die darunter liegen, prüfen, so kommen wir zu dem Resultat, daß sie vor mindestens etwa 2000 Jahren gelebt haben müssen. Die Individuengröße der Cardien ist außergewöhnlich groß. Die Schalenlänge beträgt bis 5 cm. Tapes aureus in doppelklappigen Individuen ist durchaus nicht selten. Mytilus besitzt erhebliche Größe, und vor allen Dingen ist Ostrea edulis, die heute der Ostsee völlig fehlt, vertreten. Es entspricht also die hier eingebettete Fauna einem viel höheren Salzgehalt, als er heute in der Ostsee zu finden ist. Nun wissen wir ja, daß die Wirkung der Litorina-Senkung in der fraglichen Gegend sich länger erhalten hat. Der gesetzmäßige Bau dieser viele doppelklappige Exemplare enthaltenden, aber nicht autochthonen Schalenansammlungen ist im übrigen genau derselbe, wie wir ihn im Innern der Lübecker Bucht aufgraben können. Wie bei Flensburg bestehen hier die Lagen oft ausschließlich aus Cardium und häufig ist der ganze Zwischenraum zwischen den größeren Schalen, die natürlich viel kleiner sind als die in den Flensburger Schichten, ausgefüllt mit zahlloser, winziger, doppelklappiger Mytilusbrut, deren zarte gepreßte Schalen eine Art Spaltbarkeit der ganzen Masse hervorrufen.

Diese interessanten, von den Muscheln mit dem Sipho durchbohrten giftigen Schichten, durch die Ansiedlung der Mya bedingt, deren Lebenstätigkeit die Erhaltung des Fällungsmittels für die Eisensalze im toten Winkel ermöglicht, kommen leicht zutage bei der Gewinnung der Muscheln. Der Versuch, bei uns die Tiere als Nahrungsmittel einzubürgern, hat ja bisher im

Gegensatz zur amerikanischen Küste keinen großen Erfolg gehabt. Wenn man die Tiere, die durch Spatenstiche nicht verletzt werden dürfen, gräbt, so macht sich die Lage der Muschel als ovale, dem Querschnitt der Muscheln einigermaßen entsprechende dunkle Flecken im Sand geltend, die den trichterförmigen Ausbuchtungen der schwarzen Schicht nach oben entsprechen. Mit Hilfe dieser Leitschicht gewinnt man dann die Exemplare, ohne sie zu beschädigen. Auch bei Mya arenaria macht sich bemerkbar, daß das Trockenlaufen bei Ebbe das Wachstum vermindert. Die Schnellwüchsigkeit ist besonders groß, wenn die Dauer des Trockenlaufens bei Ebbe ganz kurz ist. Langsame und Klein-Wüchsigkeit herrscht dagegen bei Tieren auf solchen Sandbänken, die bei Ebbe zweimal am Tag für längere Zeit trocken laufen.

Die gleiche reinigende und entmischende Funktion wie Mya arenaria besitzt auch Arenicola marina, deren U-förmig gekrümmte Röhre auch mit 20 cm ziemlich tief in das Sediment greifen kann. Taf. 2, Fig. 4 zeigt ein Stück bei Windebbe trockengelaufenen, von Rippelmarks bedeckten Sanduntergrund, auf dem man deutlich auch Kriechspuren von Arenicola erkennen kann, die bei Trockenlegung häufig auf diesem senkrechten Grabgang herauskommt. Diese Spuren, wo sie deutlich hervortreten, sind immer ein Beweis dafür, daß eine Trockenlegung wirklich stattgefunden hat. Die Grabgänge von Arenicola greifen häufig ebenfalls in einfachschwefeleisenhaltige Schichten ein, und auch hier ist das schleimige Sekret des Tieres imstande, eine starke Oxydationswirkung auszuüben, so daß wir die Wände des Grabganges häufig durch Eisenhydroxyd gelb gefärbt sehen. Es ist auch häufig an Wurmgrabgängen älterer grüngrau gefärbter Gesteine zu beobachten und von v. Freyberg z. B. aus dem Muschelkalk Thüringens beschrieben.

Wir hatten aus dem Profil der Flachseegesteine von Flensburg gesehen, daß die Myabank da, wo sie stärkerer Freispülung unterliegt, einer Mytilusbank Platz macht. In der Nordsee gehen durch Freispülung zahllose Individuen dieser Art zugrunde, da sie, wenn auch nicht unmittelbar den Tod, aber doch die Preisgabe an Muschelfresser bedeutet. Die Winter- und Herbststürme legen solche Bank häufig bloß und die Priele verlagern sich. Die veränderte Stromrichtung spült dann die im Sande sitzenden Muscheln aus. Wenn die Tiere in größerer Zahl gefangen werden sollen — in Nordamerika bilden sie ein weit ver-

breitetes Nahrungsmittel, das bei uns viel weniger eingebürgert ist — so fährt man hinten be- und vorne entlastete Fischerfahrzeuge bei fallendem Wasser quer zur Stromrichtung auf die Myabänke auf. Der Strom wühlt, eingeengt durch den Kiel des Schiffes, in einiger Entfernung den Boden auf, so daß die darin sitzenden Muscheln herausgespült und gefangen werden können. Ist die Bank dicht besiedelt, so können bis 10 Zentner bei einer Ebbe gefangen werden. Bei Helgoland ist die Muschel viel seltener als im Wattenmeer, sie ist weit verbreitet an der ganzen norwegischen Küste, im Kattegatt und in der Ostsee. Ihre Bänke finden sich an den friesischen Küsten, an der Ostseite des Atlantischen Ozeans geht sie südlich bis Rochelle. An der Westseite ist sie von Südgrönland bis Massachusetts nachgewiesen, man kennt sie außerdem von China.

Die Hydrobien sind in ihrer Gestaltung einmal abhängig von den Schwankungen des Salzgehaltes im Wasser des Lebensraumes, und andererseits von der verschieden starken Strömungsbewegung des Wassers. Hydrobia ulvae ist ein sehr weit verbreitetes Brackwassertier, sie kommt von dem östlichsten Teil der Nordsee bis Finnmarken, von den Shetlandinseln bis zum Kanal, an der Westküste Frankreichs und in der lusitanischen, mediterranen und pontischen Fauna vor. Das Tier ist also außerordentlich eurhytherm. Die Hydrobien bilden nicht nur an den Ufern der deutschen Flachsee ausgedehnte Lagen, sie erfüllen nicht nur die Ufersäume und Bodenschichten des ehemaligen Salzigen Sees, sondern sie treten auch bereits in den Tertiärmeeren in ganz gleicher Weise auf; so in den marinen Zwischenlagen des kohleführenden Oligozän von Miesbach- und Schliersee und in den oberen Schichten des Mainzer Tertiärbeckens, wo sie einen wichtigen gesteinsbildenden Faktor darstellen, wobei sich immer wieder die Neigung zur Bildung lokaler Rassen und Varietäten geltend macht. Dem Schichtprofil der Außengroden gehören die Hydrobienlagen stets an. Sie sind mit der Landgewinnung an der Nordsee aufs engste verknüpft. Ihr eigentlicher Lebensraum sind die Seegraswiesen, die weichen ruhigen Boden beanspruchen, und in denen ein jahreszeitlicher Rhythmus herrscht, da diese Blütenpflanzen des Meeres im Winter absterben und strandwärts treiben, während sie im zeitigen Frühjahr wieder aufs neue ausschlagen. Auf dem hochgelegenen seegrasbestandenen Schlickwatt gedeihen die Hydrobien am besten. In seichten

Pfützen können sie bei Ebbe uuter Sonnenbestrahlung stärkerer Anreicherung des Salzgehaltes, unter Beregnung starker Aussüßung ausgesetzt sein. In Gefangenschaft sollen die Tiere bei reichlichem Futter doppelt so groß werden können, als in der Freiheit. Die Hauptart des Salzigeu Sees ist Hydrobia ventricosa. Die Wassertiefen, die den Hydrobien zusagen, sind 1—20 m. Bei einer Art kann die gleiche Breite des Gehäuses mit einer verschiedenen, je nach dem Standort schwankenden Länge des Gehäuses verknüpft seiu. Sehr augenfällig ist, daß die Gehäuse von Hydrobia ulvae auf noch der Flut ausgesetztem Ostvorland der Friesischen Inseln uoch sehr dickwandig sind und zwar $7^1/_2$—8 mm mit 8 Windungeu, daß sie dagegen dünnschaliger und kleiner in dem stark salzigen Graben des eingedeichten Marschlandes auftreten. Diese Schwankungen der äußeren Gestalt kann man aber bei fast alleu charakteristischen Flachseeformen beobachten. Ich brauche nur an Nassa reticulata zu erinnern oder an Buccinum undatum, das nach der Beschaffenheit des Aufeuthaltsortes sehr wandelbare Gestalt hat. Außerordentlich dickschalig ist die auf Felsengrund lebende Strandform bei Helgoland, dereu Längsfalten und spirale Streifen stark betont sind, und deren Gehäuselänge 112 mm erreicht. Demgegenüber findet sich in dem Sunden der uorvegischeu Küste iu 5—20 Fadeu Tiefe eine Zwergform, deren ausgewachsene Gehäuse mit 7—8 Wiudungen nur 26 mm lang und fast 13 mm breit wird. Die Mündung ist kürzer als das Gewinde und der Sinus der Außenseite ist recht schwach. Ebenso charakteristisch ist die Erscheinung bei Mytilus edulis, da sie in 2 m hoher Schicht übereiuander liegend riesenhafte Ansammluugen zu Muschelbäuken an den freigespülten Rändern der Wattströme aufbaut, wo die Lesedecken ausgespülter Schaleu die ersten Ansatzpunkte der jungen Tiere liefern. Die Muscheln könuen in einer eiuzigen Wachstumsperiode 5—6 cm erreichen. Die Rolle, die die Wassertiefe für die Wachstumsgeschwindigkeit abgibt, ist schon erwähnt. Die Muscheln der hochgelegenen Bänke mit wenig güustigeu Lebensbedingungeu besitzen eine verhältnismäßig kurze Schale, während sie um so gestreckter ist, je tiefer der Anheftuugspunkt liegt. Tiefer wie 6 m geht die Muschel überhaupt gewöhnlich nicht. Als Nahrung nehmen die Tiere in der Nordsee den gehaltreichen Schlick direkt auf. Sie sind aber auch imstande, sich vom Plankton zu ernähren.

Eine ganze Reihe von Tiergruppen, reich an Gattungen und Arten, sind so ausschließlich an die Flachsee gebunden, daß die zu ihnen gehörigen Formen des tieferen Wassers eigentlich mehr einen Anhang bilden. Die Zweischaler, Brachiopoden und Gastropoden, bilden das Gros der augenfälligeren erhaltungsfähigen Flachseebewohner. Dabei sind die Gehäuse sehr mannigfaltig, da sie im Zusammenhang mit dem physikalischen Gleichgewicht des Milieus stehen, um so mannigfaltiger, je verschiedenartiger die eingeschlagene Lebenshaltung sein kann. Eine gewisse Eintönigkeit beobachten wir bei den Brachiopoden, die entweder mit dem Stiel festsitzen oder auf dem Sediment liegen, selten mit einer Klappe festwachsen. Viel aktiver sind die Gastropoden, bei denen mit ganz seltener Ausnahme (Autodetus) nur frei bewegliche Formen in Frage kommen, während bei den Muscheln freie Beweglichkeit, Anheftung durch Byssusfaden, Festwachsen, Eingraben und Bohren die Mannigfaltigkeit vergrößert. Bleiben wir zunächst bei den Zweischalern. Die große Gruppe der Anisomyarier macht sehr geringen Gebrauch vom Fuß, der meist ziemlich klein ist. Die starke Rückbildung des vorderen Muskels, wie auch die Einfachheit der Verhältnisse am Schloßrand sind nicht so ohne weiteres als primitive und ursprüngliche Merkmale anzusehen. Zwischen der Rückbildung des vorderen Adduktors und der entsprechenden Zunahme der Bedeutung des hinteren besteht eine ähnliche Wechselwirkung durch eine Umlagerung der Körperachse, die nicht mehr parallel zur Schloßlinie verläuft, sondern schräg winklig nach hinten zieht. Kriechen die Arten mit senkrecht erhobenen Schalen auf dem Ventralrand, so wird das vordere Körperende weiter von der Schloßlinie entfernt sein und es kann der Fuß also auch bei geringerer Kraftanstrengung seine volle Betätigungsmöglichkeit besitzen; es wird also auch eine permanente Byssusanheftung zu einer erheblichen Aussparung in der Schale nicht führen. Liegt dagegen Anheftung durch Byssus vor und hat sich das Vorderende ganz dicht an die Schloßlinie gelagert, so wird sich stets eine Byssusbucht herausstellen. Diese Anisomyarier bewegen sich im allgemeinen auf der Seite liegend, was für die Frage der Gleich- oder Ungleichklappigkeit von großer Bedeutung ist; es zeigt sich also, daß durch die Betätigung eines beweglichen Organes, seiner Arbeitsleistung entsprechend, ohne weiteres eine gewaltsame Rückbildung auf die Hartgebilde ausgeübt wird. Dabei ist es natürlich von Bedeutung, daß eine Aussparung der Schale weniger mit dem

Byssus als mit dem Fuß und seiner Arbeitsbetätigung zusammenhängt. Es können also Ausschnitte in der Schale vorhanden sein, selbst wenn eine Anheftung durch den Byssus nicht stattgefunden hat. Bei senkrecht erhobenen Schalen wird die Aussparung gleichzeitig beide Klappen betreffen, bei liegender Lebensweise findet sie sich nur oder vorwiegend in der einen Klappe. Handelt es es sich um Anheftung durch einen Byssus, so muß der Fuß bei sich öffnender Schale in nahe Berührung mit dem Substrat, auf dem das Tier mit Hilfe des Fadenspinnens und des knieförmig eingebogenen Fußes kriecht, gebracht werden, ohne von den Schalenrändern behelligt zu werden. Das bedeutet aber nichts anderes, als daß der Schalenschlußwinkel hier einen besonders hohen Wert darstellt. Der Schalenschlußwinkel ist ein Begriff, der die Form der Verhältnisse der Zweischaler ausgezeichnet veranschaulicht oder greifbar macht. Es ist der Winkel, unter dem die beiden Schalen in der Symmetrieebene zusammenstoßen. Aus den Änderungen des Schalenschlußwinkels ergibt sich der Umriß. Das Hinterende der Muschel besitzt gewöhnlich einen sehr spitzen Schalenschlußwinkel. Die Schalenklappen laufen hier häufig angenähert parallel. Der Rand entfaltet sich frei, besitzt häufig eine sehr gleichmäßige Kontur, durch seine Abplattung wird die Wirksamkeit des hinteren Schließmuskels außerordentlich erhöht, und es führt die Linie stärksten Schalenwachstums gewöhnlich in die Nähe des Afters. Wo aber die Schale kürzere Wachstumsradien, vom Wirbel gemessen, zeigt, legen sich die Ansatzstreifen weniger flächenhaft nebeneinander als untereinander. Der Schalenschlußwinkel wird steiler, und da, wo der Fuß sich betätigt und das Schalenwachstum dementsprechend unter dem Reiz dieser Betätigung steht, entsteht eine linienhaft weiterwachsende Zone steilsten Schalenschlusses, der natürlich bis zur Abflachung auf 180° oder zum Einspringen führen kann. Diese Stelle macht sich, aus der Wirbelgegend schräg nach unten hinten zum Bauchrand ziehend, als eine Art Furche bemerkbar, hinter der der Wölbungsbetrag der Schale am größten ist. Er trennt sozusagen das Kopfende der Muschel von dem eigentlichen Rumpf. In dem hermetischen Schluß beider Klappen beruht ja das ganze Prinzip der Muschelschale, die durch das Band geöffnet, und durch die Tätigkeit der Muskeln aktiv geschlossen wird. Hermetisch muß der Abschluß sein, nicht nur zum Schutz vor Feinden, vor allen Dingen bei den Seichtwasserformen, die in so flachem Wasser leben, daß sie bei Ebbe trocken

laufen können. Es betrifft aber nicht nur die Bewohner der Gezeitenmeere, sondern auch die gezeitenlosen Küsten; sind doch Windstau und Windebbe an der Ostsee imstande, Differenzen von über 2 m hervor zu rufen. Zu den Anisomyariern gehören eine ganze Reihe von Formen, bei denen der Schalenschlußwinkel durchgängig sehr gering ist. Es sind meist Tiere, die ihre Schalen nicht perpendikelartig zum Substrat anordnen, sondern sich mit einer Schale dem Substrat anlegen. Der eine Typus sind die Aviculiden, bei denen der Byssus zur Verankerung eine sehr große Rolle spielt. Der andere sind die Pektiniden, die sich meist nicht festheften, sondern eine größere Beweglichkeit besitzen, noch dazu da ihnen das schnelle Auf- und Zuklappen der Schalen eine flatternde und schaukelnde Fortbewegung im Wasser gestattet. Beide Familien besitzen eine große Reihe ungleichklappiger Formen. Bei den Aviculiden ist die rechte Klappe gewöhnlich sehr viel flacher und vor allen Dingen auch bedeutend kleiner als die linke, so daß ähnlich wie bei den Desmodonten, wo die Differenz im Vorhandensein des Ligamentlöffels beruht, bei passiver Verfrachtung die rechte Klappe sich ganz anders verhält als die linke, und die Schalenmassen entmischt werden können, dem Grundsatz entsprechend:

$$\text{Sinkgeschwindigkeit} = \frac{\text{Übergewicht}}{\text{Formwiderstand} \times \text{innere Reibung}}.$$

Beide Bautypen, sowohl der von Avicula wie der von Pecten, zeichnen sich dadurch aus, daß bei dem auf der Seite liegenden Tier der knieförmig angestemmte Fuß vor allem über den Vorderrand der flachen Klappe geführt und betätigt wird, so daß hier ein besonderer Fußausschnitt entsteht. Aber eins unterscheidet beide Bautypen prinzipiell, und das erkennt man sofort, sobald man die Schalen auf Gleich- oder Ungleichseitigkeit prüft. Die beweglicheren Pectenformen sind auffallend gleichseitig, wie es sonst selten bei Muscheln vorkommt. Die mit dem Vorderende der rechten Klappe nach unten mit Byssus fixierten Aviculiden sind dagegen außerordentlich ungleichseitig. Bei Pecten ist der Schloßrand gewöhnlich der kleinste Durchmesser der Schale, bei Avicula dagegen häufig der größte. Bei ihren Klappen wird die Schloßlinie ganz ähnlich verlängert, wie bei den flach am Boden liegenden Brachiopoden. Es kommt zur Ausbildung eines häufig recht langen hinteren Flügels. Es kann der Hinterrand schräg nach oben gestellt werden, so daß der Schloßrand in der Nähe des Substrats bleibt, am freien

Hinterrand sich aber im offenen Wasser der Stoffwechsel abspielen kann. Aus der Gruppe der Pectiniden entwickelt sich Spondylus, ein echter Flachwassertypus, der mit der rechten Schale festwächst, dessen Schale sich kräftig entfaltet und Sperrstacheln entwickeln kann, die ganz an die der nicht mit Spondylus verwandten Chama erinnern. In den Ambonychiden zeigt sich dagegen ein paläozoischer Anisomyariertyp, der ähnlich wie die Mytiliden seine Schalen perpendikelartig zum Substrat anordnet. Charakteristisch gebaut ist auch die Familie der Pinniden, die einen gut ausgeglichenen Anpassungstyp repräsentiert, der vom Devon bis zur Jetztzeit sich erhalten hat. Eine Brandungsform stellt Trichites dar mit enorm großem Schließmuskel und außerordentlich dicker Schale. Diese Form siedelte sich auf von der Strömung freigehaltenen Teilen des Salzgitterer Erzkonglomerates an und bildet auch in den fossilreichen Neokomtonen des flacheren Wassers mit oder ohne Exogyra Couloni Bänke. Pinna dagegen liebt weniger bewegtes Wasser, wie schon ihre zarte Schale verrät, und spinnt sich häufig aus weniger grobkörnigen Sedimentteilen mit Hilfe zahlloser Fäden ein schweres Ankergewicht; ganz ähnlich ist das auch in der Familie der Perniden und in der Familie der Limiden, die sogar mit Hilfe ihrer Byssusfäden aus den erreichbaren organischen und anorganischen Trümmern Nester spinnen kann. Die Gleichklappigkeit haben dementsprechend Ambonychiden, Pinniden, Perniden — in dieser Familie gibt es auch Formen, die auf der Seite liegen und dementsprechend ungleichklappig sind — und Limiden mit den Mytiliden gemeinsam, bei denen die Ungleichseitigkeit besonders groß ist, da sich das Tier mit dem Wirbel und mit der Kante der Umbiegung des vorderen Bauchrandes einem Substrat anlehnt, während die Vorderfläche einspringt.

Mytilus sitzt seiner ganzen Anheftungsweise entsprechend natürlich nicht so fest wie Ostrea. Durch Loslösen und Neubefestigen der Haftfäden kann er mit Hilfe des Fußes ein langsames Kriechen bewerkstelligen. Die Wachstumsperiode ist außerordentlich abhängig von der Ernährung. Einzelne, in Strängen und Trauben angeordnete Exemplare auf der freien Wattfläche sind dementsprechend meist schnellwüchsiger als die Individuen der dichten Ansammlungen der Muschelbänke. Dementsprechend sind auch die trocken laufenden Tiere viel weniger schnellwüchsig als die stets getauchten. Bei zu geringem Salzgehalt wird das Wachstum erheblich verlangsamt. Redeke fand, daß die Muscheln der

hochgelegenen Bänke eine verhältnismäßig kurze Schale haben, während dieselbe um so gestreckter ist, je tiefer der Anheftungsplatz ist, an Pfahlwerk kann man dasselbe beobachten. Die in Frage kommende Wassertiefe ist nur bis etwa 6 m; und so ist die Anordnung der Muschelkolonien derartig, daß sie den Rändern der Ebbewasserrinnen parallellaufend sich in die tieferen Teile derselben hineinziehen. Trockenlaufende und nichttrockenlaufende Tiere gehören also ein und derselben Muschelbank an, deren Ausdehnung allerdings bei einer Breite von 100—150 m Räume von 500000 qm und mehr einnehmen kann. Dementsprechend ist die Variabilität von Mytilus edulis ganz außerordentlich. Scharf abgrenzbar ist diese Variabilität gewöhnlich nicht, dagegen lassen sich eine ganze Reihe extreme Werte aufstellen. Man hat die größeren Extreme als giganteus bezeichnet. Man hat bei mangelnder Färbung, die sich fossil als Schalendünnheit noch geltend machen würde, einen Mytilus pellucidus aufgestellt und hat die breite Maximalgrößenform als M. obtusatus bezeichnet.

Als maximale Größen werden von Hilbert genannt:

vom Lymfjord	10	cm	Länge,	2	cm	Breite,
Kiel	7,5	„	„	3,6	„	„
Wismar	7,8	„	„			
Hela und Samland	6,0	„	„	2,6	„	„
Finnischer Meerbusen	4,5	„	„	2,1	„	„

Die einzelnen Varietäten zu benennen, hat nur einen sehr geringen Wert. Mytilus edulis var. galloprovincialis S. wurde aufgestellt für Formen, bei denen die Breite zur Länge sich wie 1,2 : 1,4 verhält, während das Verhältnis bei der „Hauptform“ 1,2 : 2,5 beträgt. Mytilus edulis var. obtusatus wurde aufgestellt für abgestutzte Formen mit stark aufgeblasenem Formcharakter. Das Hauptmerkmal soll darin bestehen, daß die Länge stets die Breite übertrifft. Charakteristisch ist, daß man auch bei solcher Abart eine besondere Nord- und Ostseeform unterschied:

Nordsee	Ostsee
klein, dickschalig und schwer;	klein, aber leicht und dünnschalig;
Oberfläche rauh, stark abgesetzte Anwachsstreifen;	Oberfläche durch stark ausgebildete Anwachsstreifen rauh, Schloßgegend abgestutzt;

Nordsee	Ostsee
Farbe schmutzig blau;	Farbe schmutzig, dunkel schwarzbraun, schwarz;
Länge 26 mm;	Länge 22 mm;
Breite 14 mm;	Breite 14 mm;
Dicke 18 mm;	Dicke 15 mm;
Fundort: Westküste von Borkum;	Fundort: Ostseite von Bornholm.

Als Mytilus edulis var. nanus beschrieb Hilbert eine Zwerg- oder Kümmerform mit dunkelschwarzer, glatter und dünner zerbrechlicher Schale von 10—20 cm Länge, großer Flachheit und geringer Dicke, und zwar aus dem Mündungsgebiet der Haffe von Memel und Pillau, dem Mündungsgebiet der Weichsel von Neufahrwasser und Zoppot und aus dem Finnischen und Bottnischen Meerbusen, also aus Brakwasser.

Mytilus edulis var. pellucidus Pen. soll etwas kleiner und dünnschaliger als die Hauptformen sein; die Schalen sind lehmgelb gefärbt und können radiäre Streifung zeigen. Diese Ausbildung findet sich eigentlich in sämtlichen Populationen der Ostsee, der Nordsee, des Mittelländischen Meeres, der französischen und der nordamerikanischen Küste.

Mytilus edulis var. giganteus, von Nordmann von der Insel Educombe, in der Nähe der Ostsibirischen Insel, beschrieben, besitzt eine Länge von 235 mm und eine Breite von 57 mm. Diese verschiedenen Arten sind besonders wichtig für die Frage, wie weit ihre Abgrenzung auf solche äußeren Formverschiedenheiten hin überhaupt berechtigt ist. Man soll bei Formen, deren Lebensweise von vornherein sehr große Schwankungen der äußeren Gestaltung nahe legte, den Artbegriff möglichst weit fassen und an Stelle solcher Benennungen haben am besten Zahlenmessungen zu treten, die eine ganze Reihe von speziellen Werten umfassen können. Man zieht am besten eine möglichst große Reihe von Merkmalen heran, um dann zu entscheiden, welche Verhältniszahl von Merkmalen den Ausschlag gibt.

Mytilus edulis ist bei einem Salzgehalt von 14 ‰ noch lebensfähig, gedeiht bei einem Salzgehalt von 17 ‰ dürftig, das Optimum der Entfaltung vollzieht sich aber erst bei 23 ‰. Der Untergrund der Muschelbank ist häufig tiefschwarz gefärbt. Wir hatten ja gesehen, daß die schwarze Farbe des Schlicks an sich gute Nährstoffverhältnisse andeutet, nur die Oberfläche des Schlicks ist oft

hell gefärbt, da die Bakterien anaerob sind, die die Färbung herbeiführen. Diese Schwefelbakterien leben von den organischen Stoffen des Schlicks, benutzen den Sauerstoff der Sulfate des Meerwassers statt des für sie giftigen freien Sauerstoffes zur Atmung, indem sie ihn in Sauerstoff und Schwefelwasserstoff zerlegen, der sich seinerseits wieder mit Eisenverbindungen des Bodens zu schwarzem Schwefeleisen umsetzt.

Diese beobachteten Gestaltsschwankungen der Hartgebilde haben wir ja bereits in engen Zusammenhang mit dem Salzgehalt und der Strömungsbewegung und mit der muskulösen Eigenbetätigung des Tieres, also rein physikalischen Prinzipien, gebracht. In Taf. VIII, Fig. 15 sehen wir, wie der Schalenschlußwinkel bei verschiedenen Arten von Mytilus beträchtlichen Schwankungen unterliegt und wie dementsprechend auch die ganze Beschaffenheit der Vorderfläche, die Wölbungsverhältnisse, die Schalendicke, die Glattheit oder Rauhigkeit der Schalen wechseln kann. Bei dem mit Serpula bewachsenen Exemplar sehen wir den Schalenschlußwinkel außerordentlich stumpf werden und bei einigen, in besonders bewegtem Wasser aufgewachsenen Individuen, wie eine Verlängerung der Schalen am freien Hinterrand beim Weiterwachsen überhaupt nicht mehr stattgefunden hat, sondern, wie die Schalen sich zwar weiter voneinander entfernen, der Schalenschlußwinkel aber 180° beträgt; d. h., daß die immer tiefer werdende Schale mit einem schüsselförmigen geraden Rand abschließt. Dieser Erscheinung begegnen wir natürlich auch sonst, so bei Austern, wo der Schalenschlußwinkel sogar nach der Symmetrieebene hin stark zurückspringt. Hier hat sich der von Weichtieren eingenommene Raum flächenhaft, sogar konstant verkleinert, dementsprechend aber auch erhöht und vertieft. Die Schwankungen des Schalenschlußwinkels, sowie individuelle Ausbildungserscheinungen der Fußspalte zeigt Taf. VIII, Fig. 15 für die große Modiola modiolus, von den Faroer Inseln für Modiola albicosta. Man kann durch Untersuchungen der Schalen dieser Mytiliden ohne weiteres entscheiden, ob die Tiere bei Ebbe trocken laufen oder nicht; und es läßt sich durch vergleichende Untersuchungen feststellen, daß bei den Gezeitenküsten diese Erscheinung oft ausgezeichnet entwickelt ist. An den nicht von Gezeiten betroffenen Meeren kommt eine ähnliche individuelle Variabilität in abgeschwächtem Maße zur Geltung. Diese Erscheinung ist nun etwa keineswegs bloß auf die Zweischaler be-

schränkt. In Taf. VII, Fig 14 habe ich eine ganze Reihe von fossilen Terebrateln abgebildet, deren ganzer Wuchs den Einfluß des Trockenlaufens, die stärkere Wasserbewegung in der Gezeitenflachsee verrät, und noch interessanter ist der Bau der von Holzapfel beschriebenen Brachiopodengattungen Enantiosphen aus dem Rheinischen Devon, Taf. VIII, Fig. 15 rechts oben.

Wie unbedingt durch die Wirkung des Schließmuskels der Schalenschluß bei neuem Wuchs gewahrt bleibt, zeigt Taf. XIII, Fig. 3 eine Veneride, deren rechte Klappe in ganz jugendlichem Alter eine Beschädigung des schalenbildenden Mantels erlitt, die sich nicht nur während des ganzen Weiterwachsens dieser Klappe fortführt, sondern die sich auch auf der von der Beschädigung nicht betroffenen linken Klappe, und zwar von einem etwas späteren Zeitpunkt an, abformt. Auf Taf. XIII, Fig. 1 findet sich eine Spondylusschale, die sich auf einer Serpulaschale angesiedelt hat, und die in der Unterklappe ausweichend, in der Oberklappe eine gleiche Ausbuchtung aufweist. Wir können die Betrachtung über den Schalenschlußwinkel aber noch weiter führen. Von den Anisomyariern hatten wir noch nicht die Anomiiden und die Ostreiden genannt. Erstere besitzen einen äußerst geringen Schalenschlußwinkel. Die Austern dagegen erreichen oft recht stumpfe Werte.

Die Anomiiden sind von frühester Jugend an fest geheftet und behalten, auch wenn sie bei späterem Wachstum frei werden, einen ganz außerordentlich spitzen Schalenschlußwinkel bei. Man braucht ja nur an Placuna zu denken. Mit diesem Schalenschlußverhältnis gleicht Anomia funktionell durchaus der Brachiopodengattung Discina. Bei den Zweischalern durchbohrt der Byssus die rechte ausgewachsene Schale, bei der Discina tritt der Stiel unter dem Wirbel der auftretenden Ventralklappe aus. In beiden Fällen wird durch den kurzen Stiel, beziehungsweise durch den verkalkten Byssus, die Schale fest an das verkalkte Substrat gepreßt. Damit ist die zarte Schale von Anomia genötigt, allen Unregelmäßigkeiten der Unterlage sich anzuschmiegen, und die linke Klappe wird so fest mit dem aufliegenden Rand der rechten Klappe vereinigt, daß es zu einer eigenartigen, die Bedeutung des Schalenschlusses gut illustrierenden Durchformung von Fremdskulpturen kommt, die natürlich auch die Wachstumsgesetze der Schalen selber klar enthüllt. Auf Taf. XIII u. XIV habe ich eine ganze Reihe von charakteristischen Beispielen für diese Erscheinung zusammengestellt. Diese Durchformung von Fremdskulpturen kann, theoretisch betrachtet, nicht

nur auf diese Zweischaler beschränkt sein, sondern muß überall dort in Erscheinung treten, wo sich in engem Kontakt mit einem dem Substrat sich aufs feinste anschmiegenden Skeletteil andere Skeletteile anlegen. Untersucht man Exemplare von Coronula, die vom Rücken einer Carettschildkröte aus dem Mittelmeer abgenommen sind, so zeigt sich deutlich, wie die Gestalt der Individuen von der zu Gebote stehenden Standfläche abhängt, ähnlich wie bei Patella, und wie sich deren Beschaffenheit wenigstens im Umriß widerspiegelt. Einige Exemplare standen am Rande des Schildkrötenpanzers, um den sie sich sogar etwas herumbogen, eine weitere Stütze aber nicht finden konnten; sie steigen dementsprechend steilwandig an. Viel regelmäßiger gestaltet ist dagegen ein vom mittleren Teil des Panzers stammendes Individuum, dessen asymmetrischer Bau durch die Krümmungsunterschiede der Unterlage bedingt ist, und dessen Seitenwände sehr viel flacher gebaut sind. Ein Balanusgehäuse zeigt dementsprechend senkrecht aufstrebende Mauerwände, sobald das Substrat, zum Beispiel der Schalenrand einer Muschel, aufhört. Auch die Seitenplatten der Balaniden vergrößern sich während ihres Wachstums so von unten nach oben, daß die höheren Teile der kranzförmigen Schale einem jeweiligen Wachstumsstadium entsprechen, wo die Basisplatte noch kleiner war. Die Basisplatte aber schmiegt sich ihrerseits ebenso eng an das Substrat, wie die eben genannten Muscheln. So finden wir die sich kreuzende radiale und konzentrische Berippung einer Crista Taf. XIII, Fig. 11a—c und die radiale und spirale Streifung einer Nassa reticulata Taf. XIII, Fig. 10 projiziert auf die Seitenplatten von Balanus striatus und die Zeichnung eines kleinen Pecten Taf. XIV, Fig. 2 wiedergegeben auf den Seitenplatten von Balanus balanoides, der auf einer glatten Natica natürlich auch vollständig glatt entwickelt ist. Und wenn vorhin ein Vergleich zwischen den schloßlosen, festgehefteten Anomiiden und den schloßlosen, mit einer Klappe aufliegenden Brachiopoden gezogen worden ist, so kann auf Taf. VIII, Fig. 18 die Durchformung der Skulptur von Atrypa reticularis durch die Dorsalklappe eines Brachiopoden wiedergegeben werden. Aber nicht nur die dünnschaligen Anomiiden zeigen unter den Anisomyarien die Durchformung von Fremdskulpturen, sondern auch die mit viel kräftigeren Schalen versehenen Ostreiden. Auch diese Tiere heften sich mit der rechten Klappe fest; aber die Anheftung kann natürlich nur

solange vor sich gehen, als die Größe des Tieres den zu Gebote stehenden Anheftungsgegenstand nicht überragt. Daher findet die Anheftung meist nur in jugendlichem Stadium statt. Es wächst also ein Teil der Schale passiv und abhängig vom Substrat, während die Schale sich im übrigen frei und nach eigener Gesetzmäßigkeit entwickelt. So Gryphaea durch starke Einkrümmung, die gesetzmäßig das Ansiedeln des schwerer werdenden Tieres kompensiert. In Anlehnung an das Substrat wachsen auch die Austern mit sehr spitzem Schalenschlußwinkel. Eine Eigenberippung, zu der die Tiere sonst übergehen, ist nicht vonnöten; und durch den Schalenschluß kommt es auch hier zur Durchformung von Fremdskulpturen. Taf. XIII, Fig. 15a—d zeigt die Durchformung von Goniolina geometrica durch Exogyra spiralis aus dem unteren Kimmridge von Fritzow bei Kammin. Auch hier hat sich die charakteristische Skulptur der Unterlage mehr oder weniger verzerrt scharf auf die linke Klappe projiziert. Die abgebildeten Stücke haben in verschiedenem Maße die Größe des Substrates überschritten. Wo das der Fall ist, ändert sich sofort der Schalenschlußwinkel; in dem einen Falle steigt das weitere Schalenwachstum der Unterklappe in senkrechter Mauer aufwärts, so wie wir es bei Cirripediern gesehen haben. In der oberen Klappe stellt sich sofort Eigenberippung ein. Ebenso finden wir auf der Oberklappe von Ostrea plicatula aus dem unteren Pliozän von Taviana die Gestalt eines großen Vermetus abgebildet, während die gleichzeitig gewachsenen Schalenteile als Eigenskulptur Radialrippen entwickelt haben; und ebenso bekannt sind die auf Pflanzenstengeln aufgewachsenen Austern, deren von Blumenbach abstammende Artbezeichnung „sulcata" wohl nur ein Standortsmerkmal wiedergibt. Sie sind charakteristisch für die Mergel der oberen Kreide von Gehrden Taf. XIII, Fig. 13a, b. Das große abgebildete Stück zeigt eine rechte aufgewachsene Klappe, deren frei entwickelte Schalenteile eine nicht zum Wirbel des Tieres, sondern senkrecht zur Längsachse des Substrates gerichtete Berippung zeigen; die kleinere linke Klappe zeigt ein durchgeformtes Zweigstück; vergleicht man damit die auf Zweigstücken aufgewachsenen Exemplare von Ostrea virginiana von der amerikanischen Küste, so sieht man, wie durch gegenseitiges Aneinandergrenzen das Substrat ebenfalls verlassen und der Schalenschlußwinkel vergrößert werden muß. Ein besonders schönes Beispiel bieten auch die Austern des mittleren Dogger Taf. XIV, Flg. 1a, b, wo trotz der kräftigen Schale auf der Oberklappe

die Berippung eines Ammoniten deutlich erscheint, während nach Überschreitung der Ansatzfläche sofort die neugewachsenen Teile Eigenrippen senkrecht zu dieser Fremdberippung entwickeln, sich im stumpfen Winkel über das Substrat erheben und den Schalenschlußwinkel verstumpfen, so daß sich die Schale schachtelartig vertieft. Demnach trennen die nach Erreichen der Substratgrenze gebildeten Anwachsstreifen die durchformten Teile beider Schalen natürlich voneinander, ohne diese Berippung aufzuweisen, da hier ja der Schalenschluß nicht mehr von der Unterlage beeinflußt werden konnte. Selbst bei den Gryphaeen, die nur in der Jugend festgewachsen sind, ist es für die individuelle Formgestaltung von außerordentlicher Bedeutung, ob die Anheftung nur in frühester Jugend stattfand oder länger andauerte; so zeigen Exemplare von Gryphaea vesicularis mit besonders großer Anwachsfacette ein dementsprechendes eigentümliches flügelartiges Vorderende.

Die große Abteilung der Homyarier, im System den Anisomyariern gegenüberstehend, zerfällt in die kleine Gruppe der Taxodonten, in die große Abteilung der Heterodonten und die etwas kleinere der Desmodonten. Bei den Taxodonten finden wir häufig Anpassung an das Graben in zähem Medium. Besonders entwickelt in den verlängerten, physikalisch gut versteiften Schalen der Nuculiden, Leda und Yoldia, während Nucula selbst meist dem Graben in lockerern Sedimenten angepaßt ist. Bei den Arciden dagegen liegt der zur Anheftung dienende Byssus am Bauchrand. Bei ihnen bildet häufig, wie bei Macrodon, die Schloßlinie den größten Schalendurchmesser, ähnlich wie wir die Schloßrandverlängerung bei den Aviculiden kennen gelernt haben. Pectunculus dagegen hat sich von diesem Anheftungsmodus frei gemacht und ist dementsprechend den ungleichseitigen Arcaarten gegenüber vollständig gleichseitig. Bei der großen Klasse der Heterodonten spielt mit zunehmender Anpassung an das völlige Eingegrabensein im bewegten Sediment der Flachsee das Prinzip der Atmung, des Gasaustausches, die ausschlaggebende Rolle, insofern, als die dieser Lebensweise besonders günstige Entwicklung der Siphonen die Muskelnaht, die den Mantel mit den Schalen vereinigt, in einer Mantelbucht auf der einen Seite des Hinterendes der Schale zurückspringen läßt, so daß die Muskeln der meist weit vorstreckbaren und verlängerungsfähigen Siphone freien Spielraum haben. Aber auch bei den Integripalliaten finden wir Formen, die kräftig bewegtem Seichtwasser Widerstand leisten können, so die oft ganz

außerordentlich dickschaligen Cardinien, deren rhythmische Wachstumspausen und rauhe Schalen die Wirkung der Gezeiten und des Trockenlaufens oft verraten. Hier schließen sich auch an die Trigoniiden mit einem abgestutzten Vorderende oder gar die überaus kräftigen Brandungsschalen der warmes Wasser liebenden Crassatellen, an die sich eine ganze Reihe von Familien anschließen, die heftiger Wasserbewegung ohne weiteres Widerstand zu leisten imstande sind, wie die noch freien Megalodontiden und die meist schon festgewachsenen Capriniden, Chamiden und Rudisten, die sich wie die Austern und Spondylus fest anheften, aber beide Muskeln unreduziert beibehalten. Diese Form der Anheftung kommt begreiflicherweise bei den Sinupalliaten nicht vor. Interessant ist es, wie die integripalliaten Cypriniden in ihren Formverhältnissen und in ihrer Lebensweise den sinupalliaten Veneriden ähneln, ja, wie sich bereits eine schwache Mantelbucht geltend machen kann. Die Veneriden besitzen wie viele kurzsiphonige Muscheln, die oft von der Wasserströmung herausgespült werden, kuglige Schalen mit ziemlich bedeutendem Schalenschlußwinkel und beträchtlicher Widerstandsfähigkeit und eignen sich gut zur Besiedlung sandigen Grundes. Die nicht in sandigem, sondern in zähem Sediment grabenden Schalen sind gewöhnlich viel flacher und zarter. Heute ist Cardium edule in der Ostsee verhältnismäßig sehr klein, aber auch auf den Sandbänken und Platten des ostfriesischen Wattenmeeres bleibt Cardium edule klein. Hier betragen die Dimensionen gewöhnlich 24 mm Länge, 16 mm Breite, 17 mm Dicke, bei fast gleichförmigem Durchmesser. Den Namen „var. minor“ beizubehalten hat trotzdem keine Bedeutung. Die Wirbel sind noch ganz wenig nach vorne gerückt, die Rippenzahl beträgt 21—24. Bei schlickigem Grund aber wird die Muschel ungleichseitiger, die Hinterseite länger, die Rippen der Hinterseite werden weniger markant, die Wirbel legen sich mehr nach vorne und stehen meist auch etwas stärker vor. Die Dimensionen betragen dann gewöhnlich: 27 mm Länge, 28 mm Breite, 22 mm Dicke. An der norwegischen und schottischen Küste wird Cardium edule sehr groß. Am Strande von Fischerrow betragen die Dimensionen: 42—45 mm Länge, 46 mm Breite, 34—35 mm Dicke. Es ist außerordentlich interessant, daß die in Millionen von Exemplaren in den Schichten des neuen Flensburger Hafens eingebetteten subfossilen Schalen von Cardium edule diese Dimensionen stark bewegten und normal salzigen Wassers erreichen, ja sogar überschreiten. Die am

schnellsten grabenden Muscheln sind zylindrisch verschmälert wie die Soleniden. Auch die Integripalliaten werden getrennt nach dem Prinzip der Mantelbucht, also nach einem Merkmal, das mit dem Gasaustausch zusammenhängt. Das sind Prinzipien, die häufig formgestaltend in den Bau der Gehäuse der Flachseetiere eingreifen, so bei den Schnecken, aber auch bei den Brachiopoden und bei den Echinodermen. Die sinupalliaten Desmodontier bilden den scharnierartig festgefügten Schalenschluß zurück, so daß auch drehende Bewegungen beider Klappen gegeneinander möglich sind. Das steht in Zusammenhang damit, daß sie mit ihren verlängerten Siphonen ihren Aufenthaltsort so tief wählen können, daß sie stärkerer Wellenschlag nicht mehr aus dem Meer hervorholt. Das Prinzip des hermetischen Schalenschlusses kommt bei ihnen nicht mehr in Frage, dementsprechend klaffen die Schalen mehr oder minder beträchtlich. Die Vereinigung beider Klappen ist eine elastische, die durch die Entwicklung des Ligamentlöffels erleichtert wird, und erinnert mechanisch an die eingegrabenen, schloßlosen Brachiopoden vom Typus Lingula. Nur bei dieser Gruppe ist es möglich, daß wie bei Pholas unpaarige akzessorische Schalenelemente entwickelt werden, und daß die Siphonen, wie bei den Clavagellidae verkalken und die Schalen in ihrem Wachstum unterdrückt werden und bedeutungslos sind. Bohrend in festem Medium sind unter den Anisomyariern die den Mytiliden zugehörigen Lithodomen und sinupalliate Desmodontier, wie Gastrochaeniden und Pholadiden und die Panopaeide Saxicava.. Wir sehen also, wie ansgiebig die Prinzipien der freiliegenden, der angehefteten, der aufgewachsenen, der pflügenden und der tief eingegrabenen Lebensweise in die äußere Gestaltung dieser wichtigen Flachseetiergruppe eingreifen, wie es gerade die von uns an einem Beispiel ausführlich besprochenen angehefteten Muscheln sind, die durch Anpressung des Gehäuses eine besonders in dem Böschungswinkel variable Vorderstutzfläche entwickeln. Sehr viel einfacher sind die exogenen Faktoren, die bei den Brachiopoden zur Geltung kommen. Aber auch hier lassen sich Schlamm- und Sandbewohner leichter unterscheiden, auch hier macht sich im Schalenbau die Wirkung des bewegten oder ruhigen Wassers geltend; aber da auf freie Ortsbewegung ganz verzichtet wird, so haben wir liegende Formen mit stark verlängertem Schloßrand und mit Stiel angeheftete Formen, die den Schloßrand meist verkürzen und abrunden. Anomia-artig fest gewachsen ist Discina.

Wirklich eingegraben lebt häufig Lingula, Austern-artig festgewachsen ist von den Ecardines Crania und von den Articulaten Thecidium. Sperrstacheln, wie gewisse Zweischaler und Schnecken, entwickeln die Produktiden, an die Brandungsanheftung der festgewachsenen integripalliaten Heterodontier erinnern die Richthofeniiden. Mit der Erleichterung der Atmung hängt das Verhalten des Vorderrandes zusammen, dessen Sinus rüsselartig verlängert werden kann; also wieder der Gasaustausch als gestaltendes Prinzip.

Unter den Echinodermen ist die Gruppe der Seeigel von besonderem Interesse, weil noch heute die Seeigel eine wichtige Kategorie der grabenden Flachseefauna darstellen. Die Palechinoiden besitzen zum Teil noch deformierbare Panzer, die den Grad der Wölbung zu steigern oder abzuplatten gestatten, eine Erscheinung, die sich bei rezenten Tiefseeformen sekundär gleichfalls beobachten läßt. Die interessanten Besonderheiten ihrer übrigen Vertreter sollen hier außer acht bleiben. Betrachten wir aber die Unterklasse der Euechiniden, so zeigt sich ein wichtiger Zusammenhang zwischen Atmung und Skelettbau. Die regulären Seeigel sind aktiv ziemlich bewegliche, zum Teil räuberische Tiere, die auch lebender Nahrung nachgehen können. Dementsprechend ist auch das Kiefergebiß mit seinen fünf ununterbrochen wachsenden Zähnen von großer Bedeutung. Die Lokomotion beruht in einem Zusammenarbeiten von Ambulakralfüßchen und den als Schreit-, Stemm- und Stützstelzen dienenden Stacheln, so daß eine Fortbewegung stattfindet, die in gewisser Weise zu vergleichen ist mit dem Kriechen von Byssus tragenden Muscheln wie Mytilus, wo man die Anheftung und Loslösung des Heftfadens mit den Ambulakralfüßchen und den Fuß mit dem Sperr- und Stemmorgan vergleichen kann. Dem Charakter dieser Schreitstacheln entsprechend, kommt es nicht sowohl auf ihre Zahl als auf die Kräftigkeit dieser von einem besonderen Muskelapparat bedienten Organe an, die allerdings nicht nur der Funktion der Fortbewegung dienen, sondern die auch als Sperr- und Spreizorgan das Tier in stark bewegtem Wasser in Nischen und ähnlichem dem Wellenschlag gegenüber halten können. Weniger bestachelt sind im allgemeinen die Cidariden mit zweireihigen Porenpaaren. Diese Familie bildet die Unterordnung der Endobranchiata, deren Kennzeichen einer geschlossenen Umgrenzung des Peristoms durch die alte Bezeichnung Holostomata gut wiedergegeben wird. Bei der größeren Abteilung der regulären Seeigel,

den Ectobranchiaten, zeigt schon der Name Glyphostomata an, daß hier das Peristom durch zweimal fünf Einschnitte für außengelegene Mundkiemen ausgezeichnet ist. Wir finden hier also Vorrichtungen znr Erleichterung der Atmung, die andeuten, daß die Tiere schon im allgemeinen in engerer Fühlung mit dem Untergrund stehen, von denen nur die Großstachligen noch eine gute Kletterfähigkeit besitzen. Das Erheben über den Untergrnnd spielt im besonderen keine Rolle bei den Euechiniden, die mit der Abnahme der Haftfähigkeit keine Entwicklung von Großplatten und Großstacheln aufzuweisen haben. Bei den irregulären Seeigelstacheln ist der Bewegungsmodus so, daß die bei den Regulären versteckte bilaterale Symmetrie der radial gebauten Tiere immer dentlicher znm Ausdruck kommt. Den Hauptunterschied in systematischem Sinne bildet der Besitz oder das Fehlen des Kiefergebisses. Bei den Gnathostomata ist die Schreit- und Kletterfähigkeit bereits vollständig verschwunden. Die Tiere leben aber noch auf dem Sediment und verbreitern dementsprechend ihre Standfläche, um das Einsinken zn verhüten. Der Umriß ist meist noch ziemlich rund oder gar fünfeckig, die Stacheln bleiben gleichmäßig groß und undifferenziert. Während der After sich nach hinten oder an die Kante der Unterfläche begibt, behält der Mund seine zentrale Stellung noch bei. Die Holectypiden zeigen in der äußeren Gestaltung noch keine allzu großen Abweichungen von den Gnathostomen. Bei Discoidea bildet sich aber die Horizontalstandfläche schon deutlich aus und das Gehäuse zeigt im Innern Versteifungsrippen, um dem mechanisch ungünstigen Vereinigungswinkel der Basisfläche und der nach oben strebenden Teile des Gehäuses entgegen zu arbeiten. Bei der Familie der Conoclypeiden reichen die Ambulakraltäfelchen schon nicht mehr vom Scheitel bis zum Mund. Die Betätigung der Ambulakralfüßchen auf der unteren Standfläche ist bereits nicht mehr möglich. Mit dem Größerwerden der Standfläche muß das Atemwasser an der Basisfläche bis zum Peristom hingeführt werden, das stets tief eingesenkt erscheint und in den Floscellen eine Einrichtung trägt, die in gewisser Weise an die Einschnitte der Glyphostomata erinnert. Bei Clyspeaster ist bereits ein deutlicheres Petalodium entwickelt, da der Winkel zwischen Standfläche und nach oben aufstehendem Gehäuse schon ein spitzer geworden ist. Dieser mechanisch nicht so widerstandsfähige Skelettbau bedarf einer starken Versteifung durch radiäre Strahlen, Pfeiler und

Fortsätze, die Decke und Basis verbinden, und der Größe der Standfläche entsprechend ziehen fünf tiefe Furchen für das Atemwasser zum Munde. Bei Scutella wird die Entfernung zwischen Decke und Basis sehr gering. Das Gehäuse ist vollständig flach und abgeplattet, die Standfläche ist so groß, daß das das Atemwasser zuführende Furchensystem sich ästig verzweigt. Die Versteifung mit Pfeilern ist von integrierender Bedeutung für die Widerstandsfähigkeit dieses vollständig scheibenförmigen Gebildes, das sich mechanisch ähnlich anfliegend verhält wie der Zweischaler Placuna. Durch die Pfeiler wird weiterhin bei den nahe Verwandten von Scutella eine notwendige Erleichterung der Zuführung des Atemwassers dadurch ermöglicht, daß sich zunächst in der Verlängerung der beiden hinteren Petaloiden Einschnitte bilden können, die schlitzförmig eingreifen. Aus diesen Schlitzen können vollständig umwallte rundliche oder ovale Löcher entstehen, wie bei Amphiope, oder aber es bildet sich ein unpaarer Durchbruch im hinteren Interambulacrum. Es gibt aber auch Formen, wo dieser unpaare Durchbruch und die beiden von Amphiope geschilderten Durchbrüche vorhanden sind, und das Ende der Entwicklungsreihe zeigt außer diesen dreien noch Durchbrüche in der Verlängerung des rechten und linken vorderen Ambulacrums. Bei den irregulären Atelostomata dagegen leben die Tiere nicht mehr auf dem Sediment, sondern begeben sich in das Sediment, strudeln sich ein und gehören zu der grabenden Flachseefauna und nehmen ebenso wie grabende Muscheln und grabende Würmer das Sediment selbst in ihrem Darmtraktus auf und versteifen ebenso wie diese Tiere die Wohnröhre mit Schleim. Am Anfang der Reihe stehen Formen, die den vorhergeschilderten an Gestalt noch ähneln. Betrachten wir die Profilverhältnisse eines Hyboclypeus, so finden wir eine steil ansteigende Vorder- und eine flach abfallende Hinterseite. Das Tier führt also eine pflügende Lebensweise. Das Sediment wird an der Vorderseite gestaut und gleitet an der flachen Seite herunter. Vergleicht man damit die Profilverhältnisse eines Hemipatagus oder eines Hemiaster, so finden wir die flachere Böschung auf der Vorderseite und das steilere Ansteigen des Gehäuses auf der Hinterseite. Diese Tiere leben nicht mehr pflügend und strudelnd, sondern grabend, indem sie mehr oder minder horizontale Grabgänge anlegen, wo bei dem Vordringen die größte Raumverdrängung zweckmäßig nach hinten verlegt wird. Bei den pflügenden oder sich nur einstrudelnden Formen ist der Mund

noch eingesenkt und die Atmung ist durch Floscellen erleichert. Bis auf den nicht mehr radiär symmetrischen Bau weicht die Unterseite eines Echinolampas gar nicht so sehr von einem Conoclypeus ab. Charakteristisch aber für alle Atelostomata ist die vor allen Dingen aber auch die Atmung erleichternde Verlagerung des Mundes nach vorne. Bei den pflügenden Formen gibt es solche mit zusammenhängenden Ambulacralreihen, bei denen das Kriechen auf dem Sediment noch eine erhebliche Rolle spielt. Bei Pygurus grenzt Basis und Decke ziemlich spitzwinklig aneinander; bei Pyrina und Verwandten tritt die Gewölbespannung des Ambitus voll in die Erscheinung; bei Ananchytes erhebt sich die Decke steil über die Basis; bei der Familie der Cassiduliden geht die Körperachse zum Teil noch steil von oben hinten nach unten vorne, zum Teil ist sie schon sehr stark geneigt, oder liegt schon ganz flach, wie bei Echinolampas. Die grabenden Formen bedürfen zur Atmung der Anlage von Atemschächten, und die sie enthaltende Familie der Spatangiden zeigt die Vertiefung und Einschnürung des vorderen Ambulacrums, das auf der unteren Seite direkt in das schnabelförmig vorspringende Peristom führt. Hier liegt also der Mund nicht eingesenkt, sondern springt schnauzenförmig vor. Das Petalodium wird stark vertieft und die hinteren Äste stark verkürzt, da der hochragende Teil der Reibung mit dem Sediment besonders ausgesetzt ist. Die Fasciolen und stachelfreien Fluren erleichtern das Gleiten in den durch Saugbaggerwirkung ausgesparten Kanälen des Sediments. Bis zur bogenförmig vorspringenden Mundplatte führt das hintere Ambulacrum, hinter dem zwei große Sterna und zwei Episterna folgen. Die Standfläche ist alles andere als eben. Die Gewölbespannung verträgt bei dünner Schale verhältnismäßig hohe Randböschung, die Stacheln sind fein und borstenförmig und erneuern sich leicht. Der kanalgrabenden Lebensweise entsprechend darf der After nicht marginal liegen, sondern liegt wieder nach oben verlagert im Schutz der steilen, abgeplatteten Hinterseite.

Für die Paläontologie haben nur die Gehäuse tragenden Gastropoden Bedeutung. Das ausgezeichnete systematische Hilfsmittel, die Beschaffenheit der Radula, steht dem Paläontologen nicht zur Verfügung. So ist es im wesentlichen die Atmung, die im System als Unterscheidungsmerkmal angewandt wird. Von den Prosobranchiaten besitzen die Aspidobranchiaten zwei gleich große oder ungleiche, an der Basis verwachsene fiederartige Kiemenblätter. Zur Erleichterung des Gasaustausches findet sich ein später mehr

oder minder vollständig wieder verschlossener Schlitz, wie bei den Bellerophontiden, Porcelliden, Pleurotomariiden, Fissurelliden und Haliotiden. Die übrigen Formen sind meist herbivore und omnivore Flachwasserbewohner. Diese Gastropoden sind zum Teil an ruhiges, meist aber auch an sehr stark bewegtes Flachwasser angepaßt. Omphalotrochus legt das Gehäuse dem Untergrund ziemlich parallel. Die Xenophoriden zeigen eine außerordentliche Verbreiterung der Standfläche und dazu noch die eigenartige Fähigkeit des Agglutinierens, die in tiefem, ruhigem Wasser ungenützt bleiben kann. Eine ganz andere Form der Standflächenvergrößerung zeigt Velates, eine charakteristische Brandungsform, wie denn überhaupt die Neritiden als Schnecken stark bewegten Wassers die Zahl der Umgänge stark reduzieren und die Standfläche außerordentlich vergrößern und beschweren, die außerdem aber auch den Deckel stark verkalken, so daß das Tier nur mit der Mündung nach unten sich nicht in labilem Gleichgewicht befindet. Die Cyclobranchiaten sind symmetrische Tiere mit napfförmiger Schale, bei denen sich die Respirationsorgane ersetzt finden durch einen kreisförmigen Kranz von Blättchen unter dem Mantelrand, oder die eine rechtseitige kammförmige Nackenlinie entwickeln. Zu ihnen gehören die napfförmigen Patelliden, von denen heute in der Spritzwasserzone fast 1500 Arten leben. Patella zeigt die stärkste Verküzung der Wohnröhre, die von der Spitze bis zur Mündung stumpfwinklig auseinander strebende Wandungen zeigt. Das Prinzip des Näpfchens wiederholt sich aber in den verschiedenartigsten Gastropodengruppen, etwa so wie die Lebensweise des Bohrens oder des Festsetzens bei den Zweischalern. So bei Fissurella und Emarginula und Scutum, etwas weniger ausgeprägt bei Haliotis, bei der Neritide Ptileolus, bei den Capuliden, bei Hercynella, Siphonaria und anderen Thalassophilen und bei Ancylus aus der Familie der Limnaeiden. Unter den Purpuriden hat Concholepas die Windungen sehr stark reduziert.

Bei den Ctennobranchiaten ist die rechte Nackenkieme nach links gerückt und die linke Kieme verkümmert. Wie man bei den Muscheln in der formenreichsten Gruppe der Heterodonten auf Grund der Entwicklung der Siphonen solche mit und ohne Mantelbucht unterscheiden kann, so könnte man bei der formenreichsten Schneckengruppe Ctectonobranchiaten von solchen mit und ohne Siphonalkanälen reden; und wie sich bei den Heterodontiern die Mantelbucht bei den Cypriniden allmählich andeutet, so gibt es

eine Reihe von Formen, wo dieser Kanal immer deutlicher wird. Die Hauptentfaltung gewinnt dieses Merkmal bei den Fleischfressern mit ihrer viel größeren Beweglichkeit und ihrem schnellen intensiven Stoffwechsel. Die Entwicklung von Sperrstacheln, die Vermehrung des Gewichtes und Ähnliches finden sich ganz analog bei den übrigen beschalten Flachseetieren. In dem Wachstum der einzelnen Gehäuse spiegelt sich bei den Tieren des bewegten Wassers individuell der Standort wieder. Vergleicht man die Mündungen von Exemplaren von Rhicinula arachnorides Lam. von Ostindien, so kann man den Wellenschlag beurteilen an der Korrosion der Gehäusevorsprünge; das zu Lebzeiten am stärksten abgeführte Exemplar zeigt die stärkste Mündungsverengung, das aus ruhigerem Wasser zeigt eine viel weitere Öffnung, die noch viel mehr an die Verhältnisse beim jugendlichen Tier erinnert. Zu den Opistobranchiaten gehören die schnellsten und beweglichsten Schnecken. Die Gehäuse sind dementsprechend meist glatt, zylinderisch gestaltet wie bei den Bulliden. Die Tiere bilden die Gehäuse zum Teil zurück.

Erläuterung zu Taf. IX.

A. Links Organismensäume des Wattenmeeres und ihrer einzelnen Zonen aus der Innenseite des Nordseeinselkranzes.

B. Die organischen Korngrößen vom Außenrand der Inselkette.

Fig. 1. Kleiner Hydrobiensaum mit kleinen Fragmenten der übrigen Arten und Cylichna (nebenstehend abgebildet) in einem Verhältnis etwa von 1 : 1000. Ganz junge Litorinen vereinzelt.

Fig. 2. Seewärtige Teile der Hydrobienzone mit jungen Litorinen und Bruchstücken von älteren Exemplaren und Zweischalern.

Fig. 3. Litorinasaum, von Mytilus und Skrobicularien finden sich noch Bruchstücke, etwas Cardium und Tellina, große Individuen von Litorina sonst ganz ausschließlich vorherrschend.

Fig. 4. Mytiluspflaster, Schalen mit der Wölbung nach oben und noch unverschlickt zu einem dichten Mosaik zusammengefügt.

Fig. 5. Links unten viele Meter breite Außenzone der Organismenschüttung, große Schalen von Mya arenaria, viel Scrobicularia piperata und die größten Schalen von Mytilus edulis, außen noch ziemlich weiträumig und ungeschlossen, strandwärts schon dicht und gesetzmäßig verteilt.

Fig. 6. Feinste organische Aufbereitungskorngröße aus den Furchen der Rippelmarken des seewärtigen Außenrandes der Inselketten. Die hellen Schalenbruchstücke sind nicht viel größer als die dunkel erscheinenden Quarzkörner. Unzerbrochen sind eigentlich nur die Foraminiferen, unter denen Biloculina bei weitem überwiegt.

Unten Cylichnen aus Hydrobiensäumen:

a) oben links jugendliche Schnecken aus B. 3. und 4.;

b) jugendliche Zweischaler ebendaher, und zwar Mya, Cardium, Mactra usw. Bruchstücke von Balanus, Wurmköcherteilchen, Mittelknöchelchen von Pholas und Zirphaea, Seeigelstacheln, Krebsbeine und ähnliches.

Fig. 7. Feinster Organismentrümmersaum der seewärtigen Außenseite der Nordseeinseln. Fast alles zarte Jugendformen und Bruch dünner, unausgewachsener Individuen.

Fig. 8. Schalenbruch, entstanden durch weitere Aufbereitung und Zerstörung von bereits abgelagerten und eingebetteten Strandsäumen. Cardium-, Litorina- und Mytilusbruch.

Fig. 9. Mya arenaria, Mya truncata, häufig farbig und subfossil. Mactra stultorum Scrobicularia piperata, Ostrea edulis, Mytilus edulis, Cyprina, Donax vittatus, Echinus miliaris, Cancer pagurus usw.

C. Fig. 10. Muscheln der Sandplaten und der Außenseite des Inselkranzes.

Erläuterungen zu Taf. XIII.

Fig. 1. Beeinflussung der Klappenränder von Spondylus durch eine lebend von ihm überwachsene Serpula.

Fig. 2. Auster mit Durchformung der Anwachsfazetten des Untergrunds und steilem Aufsteigen des Randes nach Überwachsen desselben.

Fig. 3. Veneride mit Verletzung des rechten Mantelrandes in jugendlichem Alter und Durchformung des weiter geführten Schadens in der rechten Klappe.

Fig. 4. 2 Serpularöhren auf der Oberklappe von Anomia durchgeformt.

Fig. 5. Vola durchgeformt auf Oberklappe von Anomia.

Fig. 6. Astarte durchgeformt auf Oberklappe von Anomia.

Fig. 7. Durchformung von Pecten, Wirbel der Anomiaschale links, der der Pectenschale rechts.

Fig. 8. Anomia ephippium L. mit Durchformung der Skulptur von Pecten jacobaeus L., Pliocän, Latschka, Cypern.

Fig. 9. Anomia costata Brocchi oberes Pliozän, Ariano, mit Durchformung von Cardiumrippen; a) jüngeres Exemplar von der Seite, b) älteres Exemplar von oben.

Fig. 10. Balanus striatus auf Nassa reticulata; a) seitlich, b) von oben, Portafal.

Fig. 11. Balanus striatus auf Crista sp.; a) und b) seitlich, c) von oben, Portafal.

Fig. 12. Anomia sp. auf Ananchytes ovata aus der weißen Schreibkreide. Die nur teilweise erhaltene Oberklappe zeigt eine deutliche Durchformung der Stachelwarzenflur der Unterseite des Seeigels.

Fig. 13. Ostrea sulcata Blumenb. aus den senonen Kreidemergeln von Gehrden. Aufsitzend auf Zweigen; a) große Unterklappe mit rechtwinklich nach beiden Seiten abgehender Berippung, b) jugendliche Oberklappe mit Durchformung.

Fig. 14. Durchformung der Granulationen eines Seeigelstachels auf der Oberklappe einer jugendlichen Anomia, angeschmiegt an eine aufgewachsene Serpula.

Fig. 15. Durchformung des Gitterwerks der Kalkalge Goniolina auf Schalen der Exogyra spiralis, Unterer Kimmeridge Fritzow bei Kammin; a) und b) Oberklappen, c) und d) Unterklappen.

Verzeichnis der wichtigsten Literatur

Andrée, Karl, Geologie des Meeresbodens. Bd. II. Die Bodenbeschaffenheit und nutzbaren Materialien am Meeresboden. Berlin, Borntraeger.

Apstein, C., Bodenuntersuchungen in Ost- und Nordsee. Sitz. Ber. d. Ges. nat. Freunde. Berlin 1917.

Barrois, Théod., Sur la Structure de l'Anomia Ephippium. Extrait du Bulletin Scientifique du Departement du Nord. 2me Série. 2me Anné, No. 11. Page 369.

Baumann, Elisabeth, Morphometrie des Greifswalder Boddens, mit einer Tiefenkarte in 1 : 75000. XV. Jhrber. d. geol. Ges. z. Greifswald. 1915.

Behrmann, W., Borkum, Strand- und Dünenstudien. Meereskunde, Heft 153, 13. Jhrg. Berlin 1919.

Blankenburg, A., „Der Fischerbote" Nr. 2. Jhrg. V. Hamburg 1913.

Büchting, Elisabeth, Die Bodenformen der Ostsee. Diss. Weida i. Thür. 1918.

Dacqué, Edgar, Vergleichende biologische Formenkunde der fossilen niederen Tiere. Berlin 1921, Borntraeger.

Dall, W., Notes on the Anatomy of Pholas (Barnea) costata Linné aud Zirphaea cristata Linné. 1889.

Deecke, W., Paläontologische Betrachtungen. Neues Jhrb. f. Min. usw.

—, Über Meerestransgressionen und daran sich anknüpfende Fragen. Z. d. D. g. Ges. Bd. LXVIII. Abhdl. Jg. 1916.

—, Über den Magneteisensand der Insel Ruden. Mitteil. d. naturw. Verein. f. Neuvorpommern 1888.

—, Ein Versuch, die Bänke der Ostsee vor der pommerschen Küste geologisch zu erklären. Neues Jhrb. f. Min. usw. Beilg. Bd. XX. 1905. Taf. VIII.

—, Die Fossilisation. Berlin 1923. Borntraeger.

Drevermann, F., Eine paläontologische Exkursion auf den Kühkopf im Jahre 1921. A. d. 52. Jhrber. d. Senkenberg. naturforsch. Ges. Heft 2. Frankfurt a. M. 1922.

Duge, F., Die Miesmuschelnutzung. A. d. „Fischerboten" Nr. 9/10. Jhrg. VIII. Hamburg 1916.

Ehrenbaum, Ernst, Struktur und Bildung der Schale der in der Kieler Bucht häufig vorkommenden Muscheln. Diss. Leipzig. 1884.

Elbert, Johannes, Die Landverluste an den Küsten Rügens und Hiddensees, ihre Ursachen und ihre Verhinderung. A. d. X. Jhrber. d. geogr. Ges. z. Greifswald. 1906.

Ewald, Geognostische Übersichtskarte der Provinz Sachsen. 1865—1869.

Fischer, Ernst, In welchen Meerestiefen haben sich unsere Juraschichten gebildet? Sonderdr. a. d. Jhrh. d. Ver. f. vaterländ. Naturk. i. Württemberg. Jhrg. 1912. Stuttgart 1912.

v. Freyberg, B., Der Aufbau des unteren Wellenkalks im Thüringer Becken. N. Jhrb. f. Min. Beil. Bd. 1922.

—, Die Zechsteintransgression in Thüringen und die Eindampfung der Zechsteinsalze. Zschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen, 1922.

—, Erz- und Minerallagerstätten des Thüringer Waldes. E. Das Kupferschiefermeer. Berlin 1923.

—, Die untersilurischen Eisenerzlager des Ostthüringschen Schiefergebirges. Jhrb. d. Halleschen Verbandes, Bd. 4. 1923.

—, Über oolithische Gesteine. A. d. naturw. Wochenschrift. Nr. 96. Bd. XIX. Nr. 11. S. 161, 167. Jena 1920.

Fuchs, Theodor, Studien über Fucoiden und Hieroglyphen. Wien 1895.

Grahn, Die wichtigsten Aufbereitungsverfahren unter besonderer Berücksichtigung der Steinkohlen und der Erze. Biblioth. d. ges. Technik. Bd. 243. Leipzig 1920.

Gruner, H., Die Marschbildungen an den deutschen Nordseeküsten. (Eine bodenkundlich, landwirtschaftliche Studie.) Berlin 1913.

Haack, Zeitschr. d. dtsch. geol. Ges. . B. Monatsber. Bd. 73. Nr. 4/5. S. 50. Berlin 1921.

Haltenburger, Michael, Über Art und Umfang des Landverlustes und Landzuwachses auf Hiddensee bei Rügen. Diss. Budapest 1911.

Hammermüller, Bruno, Laaland-Falster. Entwicklung des Bodenreliefs, Stromtäler und Küstenbildung. Diss. Leipzig 1907.

Harassowitz, Hermann, Die Bedeutung der gesteinsbildenden Vorgänge für die Erzlagerstättenlehre. Ztschr. f. prakt. Geol. 29. Jhrg. Heft 5. Halle 1921.

Heincke, Fr., Die Mollusken Helgolands. Wissenschaftliche Meeresuntersuchung. herausgegb. v. d. Komm. z. Wiss. Unters. d. dtsch. Meere i. Kiel u. biolog. Anstalt auf Helgoland. NF. 1. S. 140/41. 1894.

—, Beiträge zur Meeresfauna von Helgoland. Nachträge zur Fisch- und Molluskenfauna Helgolands. I. Ebenda.

—, Beiträge zur Fauna der südöstlichen und östlichen Nordsee. Ebenda. 1889/90.

Hemprich, A., Geologische Heimatkunde von Halberstadt und Umgebung. Halberstadt 1913. Mit Karte 1 : 100 000.

Heß v. Wichdorff, Hans, Geologie der Kurischen Nehrung. Abhdl. d. Pr. geol. LA. NF. Heft 67. Berlin 1919.

Holzapfel, E, Beitrag zur Kenntnis der Brachiopodenfauna des rheinischen Stringocephalen-Kalkes. Jhrb. d. K. Pr. geol. LA. f. 1908. Bd. XXIX. Teil II. Heft 1.

Hummel, K., Die Entstehung eisenreicher Gesteine durch Halmyrolyse (= submarine Gesteinszersetzung). „Geol. Rundschau.“ Bd. XIII. Heft 1.

Jensen, Adolf, Severin, Studier over noriska Mollnska. I. Mya. geol. Fören i. Stockholm. Förhandbinger, Bd. I. 1900.

Jessen, Otto, Morphologische Beobachtungen an den Dünen von Amrum, Sylt und Röm. Landeskundl. Forsch. v. d. geogr. Ges. München. Heft 21. München 1914.

—, Die Verlegung der Flußmündungen und Gezeitentiefs an der festländischen Nordseeküste in jungalluvialer Zeit. Stuttgart 1922.

Jentzsch, Alfred, Über rechts- und linksläufige Seen. A. d. Abhdlg. d. Pr. geol. LA. NF. Heft 83. Berlin 1919.

Jordan, Über die Art, wie Mactra inflata sich in den Sand einwühlt. Zoolog. Jhrb. Bd. 35. Heft 3. Abt. f. allgem. Zool. u. Physiol. d. Tiere. Jena 1915.

Kartenblätter der Pr. geol. LA. 1 : 25 000. Bl. Goslar, Ringelheim, Lutter am Barenberge, Salzgitter, Vienenburg, Harzburg.

Keilhack, K., Granatsanddünen auf Ceylon. Ztschr. d. Dtsch. geol. Ges. 67. S. 47—56. Taf. 3—8. 1915.

Kirchenpauer, Bryozoa. VI. Untersuchungsfahrt d. „Pommerania" in der Nordsee 1872. Berlin 1875.

Krause, August, Die Insel Amrum, eine Landeskunde. Diss. Stuttgart 1913.

Korschelt, E., Zum Schalenersatz bei Landschnecken. Arch. f. Entwicklungsmechanik der Organismen. Bd. XXX. Teil II. Leipzig 1910.

Krüger, W., Meer und Küste bei Wangeroog und die Kräfte, die auf ihre Gestalt einwirken. Ztschr. f. Bauwesen. S. 22. 6 Taf. 1911.

Krümmel, O., Über Erosion durch Gezeitenströme. Petermanns geogr. Mitteil. 35. S. 129—138. Taf. 10. 1889.

Leverkinck, Gerhard, Über den Einfluß des Windes auf die Gezeiten, unter besonderer Berücksichtigung Wilhelmshavens und der deutschen Bucht. Diss. Berlin 1915.

Marcus, K., Zur Lebensgeschichte der Miesmuschel. Sonderabdr. a. d. „Fischerboten" Nr. 7. 8. Jhrg. VII. Hamburg 1915.

—, Von der Miesmuschel. Ebenda Nr. 11/12.

Meyer und Möbius, Fauna der Kieler Bucht. Bd. I. Die Hinterkiemer oder Opisthobranchia. Leipzig 1865. — Bd. II. Die Prosobranchia und Lamellibranchia. Leipzig 1872.

Neumayer, Über das Alter der Salzgitterer Eisensteine. Ztschr. d. geol. Ges. 1880.

Ordemann, Wilhelm, Beiträge zur morphologischen Entwicklungsgeschichte der deutschen Nordseeküste, mit besonderer Berücksichtigung der Dünen tragenden Inseln. Diss. Halle a. d. S. 1912.

Petrascheck, W., Glänzende Gerölle. Verh. geol. Reichsanstalt Nr. 45. 1922.

Philippsen, Hans, Eine Wattwanderung von Föhr nach Amrum. A. d. „Heimat", Monatsschr. d. Vereins z. Pflege d. Natur- u. Landeskunde in Schleswig-Holstein, Hamburg, Lübeck und dem Fürstentum Lübeck. Jhrg. 24. Nr. 9. 1914.

—, Naturgeschichtliche Studien im Treibsel der Nordsee. Ebenda. Jhrg. 17. Nr. 4. 1907.

Poppen, Hermann, Die Sandbänke an der Küste der deutschen Bucht der Nordsee. Ann. der Hydrographie usw. 40. 1912.

Potonié, H., Lehmgerölle und Seebälle. Naturw. Wochenschr. NF. 5. 1906.

Pratje, Otto, Fossile kalkbohrende Algen (Chaetophorites gomontoides) in Liaskalken. Centralbl. f. Min. usw. Jhrg. 1922.

Ratzel, Friedrich, Studium über den Küstensaum. Ber. d. philolog.-histor. Klasse d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. z. Leipzig 1903.

Reuß, Aug. Em., Die Foraminiferen des Norddeutschen Hils und Gault. Sitzungsber. d. K. Pr. Akad. d. Wiss. Bd. XLVI. 27. Februar 1862.

Richter, Rud., Ein devonischer „Pfeifenquarzit" verglichen mit der heutigen Sandkoralle, Sabellaria. A. „Senckenbergiana". Bd. II. Heft 6. Frankfurt a. M. 1920.

—, Flachseebeobachtungen zur Paläontologie und Geologie. III.—VI. A. „Senckenbergiana". Bd. IV. Heft 5. Frankfurt a. M. 1922.

Richter, B. P., Beiträge zur Flora der unteren Kreide Quedlinburgs. Teil II Die Gattung Nathorstiana P. Richter und Cylindrites spongioides Goeppert. Leipzig 1909.

Rühl, Alfred, Beiträge zur Kenntnis der morphologischen Wirksamkeit der Meeresströmungen. Diss. Berlin 1905.

Sars, E. O., Bidrag til Kundskaben am Norges Artiske Fauna. T. I. Mollusca Regionis Arcticae Norvegiae. Christiania 1878.

Schepotieff, A., Über abnorme Berippung dorsaler Schalen von Crania anomala. Centralbl. f. Min. V. 1904.

Schröder van der Kolk, I. L. C., Beiträge zur Kartierung der quartären Sande. Ztschr. d. dtsch. geol. Ges. Bd. XLVIII S. 773ff. Heft 4. 1896.

Schrader, Ernst, Lamellibranchiaten der Nordsee. Diss. Kiel 1910.

Schucht, F., Beiträge zur Geologie der Wesermarschen. Ztschr. f. Naturw. Bd. 76. Heft 1/2. Stuttgart 1913.

—, Das Wasser und seine Sedimente im Flutgebiet der Elbe. Jhrber. d. K. Pr. geol. LA. u. Bergakad. f. 1904. Bd. XXV. Heft 3. Berlin 1905.

Schütte-Oldenburg, Die Entstehung der Seemarschen. Arbeit d. dtsch. Landwirtsch. Ges. Heft 178. Berlin 1911.

Scupin, H., Ztschr. d. dtsch. geol. Ges. B. Monatsber. Bd. 73. Nr. 6/7. S. 153. 1921.

Stahlberg, Walter, Das Reich des Todes im Meer. Meereskunde. Jhrg. II. Heft 12. Berlin 1908.

Strebel, Hermann, Über abnorme Bildungen von Schneckengehäusen. A. d. zoolog. Anzeiger. Bd. XXXIX. Nr. 5/6. 1912.

Thomas, Genetische Betrachtungen über die Lias- und Neokomablagerungen im Fallstein und ihre Eisenerze. Jhrb. d. Halleschen Verb. Bd. 4. 1923.

Vageler, Paul, Die Schwimmaufbereitung der Erze. Dresden u. Leipzig 1921.

Virchow, Rudolf, Beiträge zur Kenntnis der giftigen Miesmuschel. Arch. pathol. Anat. Bd. CIV. Heft 1.

Wagner, Ernst, Beiträge zur Bionomie und Faziesbildung des Muschelkalks bei Jena. Jbrb. d. Pr. geol. LA. Bd. XLII. Heft 1. Berlin 1922.

Walther, Johannes, Allgemeine Paläontologie. (Geologische Fragen in biologischer Betrachtung.) Teil I. Die Fossilien als Einschlüsse der Gesteine. — Teil. II. Die geologische Umwelt der Fossilien. — Teil III. Die Vorgänge des Lebens in der Vorzeit. Berlin, Borntraeger.

—, Über die Lebensweise fossiler Lebenstiere. Ztschr. d. dtsch. geol. Ges. Jhrg. 1897. Heft 2.

Walther-Schirlitz, Studien zur Geologie des Golfes von Neapel. Ibidem. 38. S. 315. 1886.

Weigelt, Johannes, Die Gliederung und die Faunenverteilung im unteren Kulm des Oberharzes. Jbrb. d. Pr. geol. LA. Bd. XXXVII. II. 2. 1916. S. 93—95.

—, Die Bedeutung der Jugendformen karbonischer Posidonomyen für ihre Systematik. Paläontographica. Bd. LXIV. 1922.

—, Geologie und Nordseefauna. Der Steinbruch. Jhrg. XIV. 1919. Heft 33/34, 35/36.

—, Die Flachmeersäume und die Gesetzmäßigkeit ihres geologischen Baues. Ztschr. d. Dtsch. geol. Ges. Bd. 72. Jhrg. 1920. Monatsber. Nr. 8—10.

—, Die mitteloligozäne Transgression und ihre Bedeutung für praktische Fragen. Der Steinbruch. Jbrg. XVI. Heft VII.

—, Die mitteldeutschen Phosphatlager und die Frage ihrer zweckmäßigen Ausnutzung. Eine Anwendung der Gesetzmäßigkeiten natürlicher Aufbereitungsvorgänge in ihrer Bedeutung für die Sedimentpetrographie. Jhrb. d. Halleschen Verb. für d. Erforschung d. mitteldtsch. Bodenschätze u. ihre Verwertung. 3. Bd. 1922.

Weigelt, Johannes, Die Gesetzmäßigkeiten natürlicher Aufbereitungsvorgänge und die Entstehung des Erzlagers von Salzgitter. Ver. dtsch. Eisenhüttenleute. 4. Ber. d. Erzausschusses. Düsseldorf 1923.

Wendicke, Fritz, Meereskundliche Untersuchungen der deutschen Bucht. Diss. Berlin 1923.

Wenz, Die Arten der Gattung Hydrobia im Mainzer Becken. Nachrichtenblatt d. D. malukozoologischen Ges. Heft 2/3. 1913.

—, Die unteren Hydrobienschichten des Mainzer Beckens, ihre Fauna und ihre stratigraphische Bedeutung. Notizbl. d. Ver. f. Erdk. u. d. Großherzgl. Geol. LA. zu Darmstadt. IV. NF. Heft 32. 1911.

Zahn, Gustav, Die zerstörende Arbeit des Meeres an Steilküsten. Halle 1909.

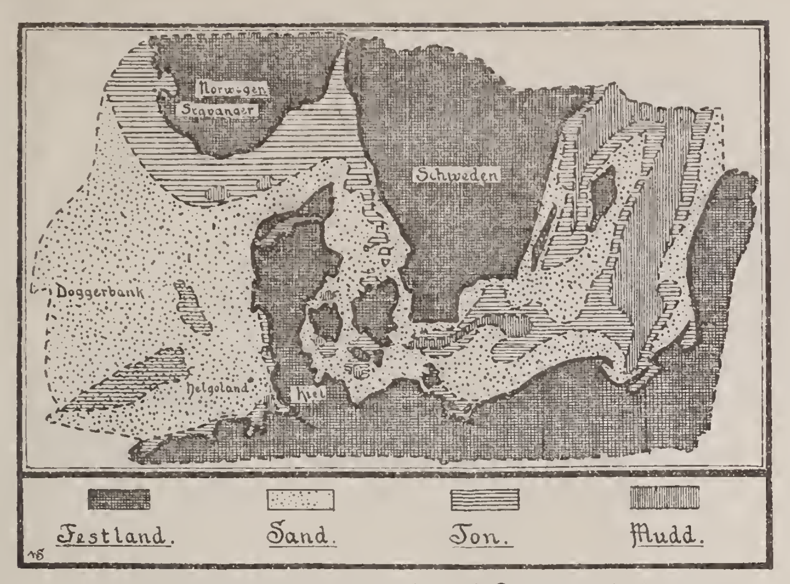


Fig. 1. Bodenkarte von Nord- und Ostsee nach Apstein

Fig. 2. Regressionssaum nach Windstau im Innern der Lübecker Bucht,
entstanden in 3 Tagen, Breite 5 m; beobachtet Pfingsten 1920
Oben Strand, unten Meer (Aufsicht) ×

1. Grenze des Wellenbereichs. 2. Fläche mit Seegrasbüscheln und Mytilus. 3. Seegrassaum. 4. Feinsandfläche, mit Cardium und vereinzelten Mytilusschalen überstreut. 5. Cardiumsaum. 6. Feinsandfläche, weiß. 7. Spatsandfacies 8. Böschung der Spatsandschüttung. 9 Sandfläche mit bei hohem Wasserstande gebildeten Rippelmarken. 10. Sichelförmige Organismendünchen.

Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin



Fig. 3. Winkel zwischen Sandbank und Strand bei Windebbe.
Lübecker Bucht, Herbst 1922



Fig. 4. Trockengelaufener Winkel zwischen Sandbank und Strand bei Windebbe im Innern der Lübecker Bucht.
Kriechspuren von Würmern.
Saugtrichter und Kothaufen von Arenicola marina

Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin

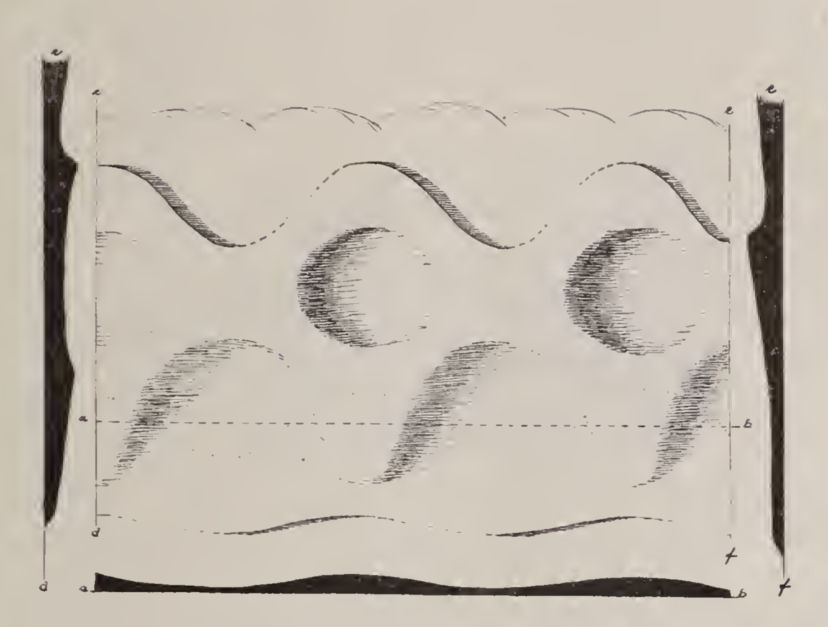


Fig. 5. Böschungsverhältnisse des Regressionssaumes an der Lübecker Bucht bei Windstau

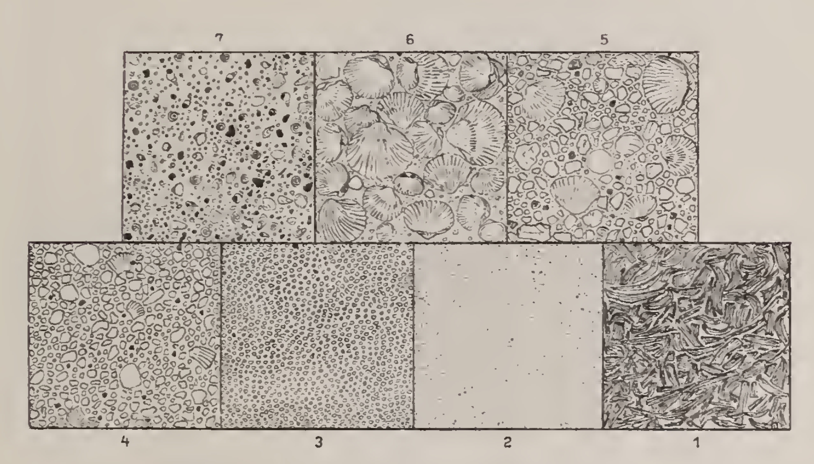


Fig. 6. Entmischungsprodukte des Regressionssaumes an der Lübecker Bucht, zugleich Schichtmaterial der Strandprofile

1. Seegraslage. 2. Weißer Quarzsand. 3. Spatsand mit Feldspat und Feuerstein. 4. Spatsand mit Muscheltrümmern. 5. Grober Grandsand mit Cardium. 6. Cardiumsaum. 7. Organismendünchen mit Spirorbis, Hydrobia, jungen Mytilus usw.

Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin



Fig. 7. Strand bei Windebbe im Innern der Lübecker Bucht. Vorspringende Sandbankwurzel an einer Knotenstelle der Wasserbewegung mit Spatsandstreifen und Cardiumsaum

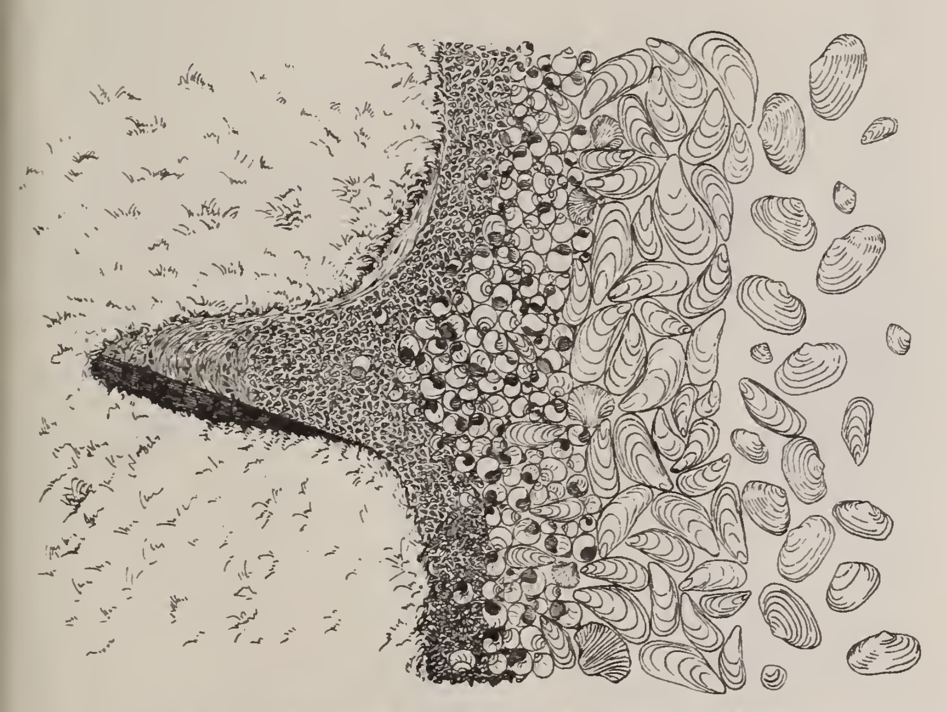


Fig. 8. Einspringende Wattkliffkante von oben gesehen. Hydrobiensaum mit Chaetomorpha aurea, Litorinaband, Mytiluspflaster, Myastreuung

Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin

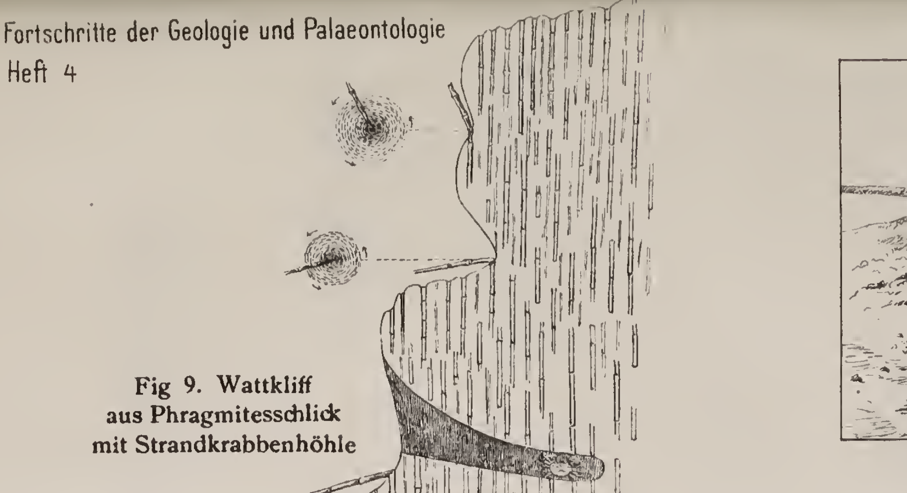


Fig 9. Wattkliff
aus Phragmitesschlick
mit Strandkrabbenhöhle

Fig. 10. Wattkante von Hallig Hooge



Fig. 11a. Elbarm bei Ebbe



Fig. 11b. Elbarm bei Flut

Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin

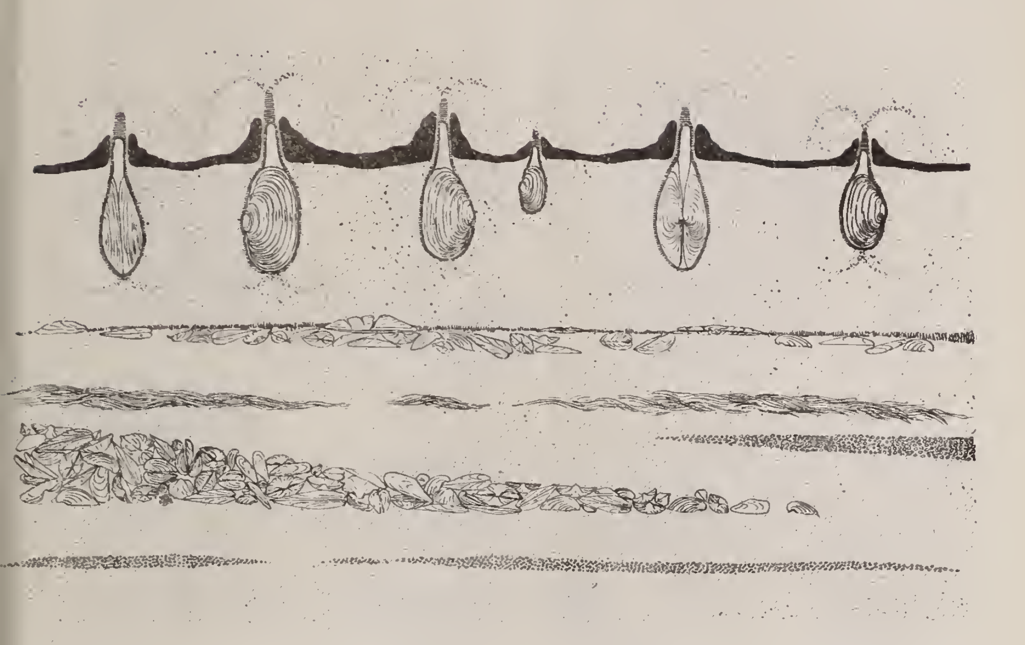


Fig. 12. Schichtprofil aus dem neuen Freihafen in der Flensburger Föhrde.
September 1922

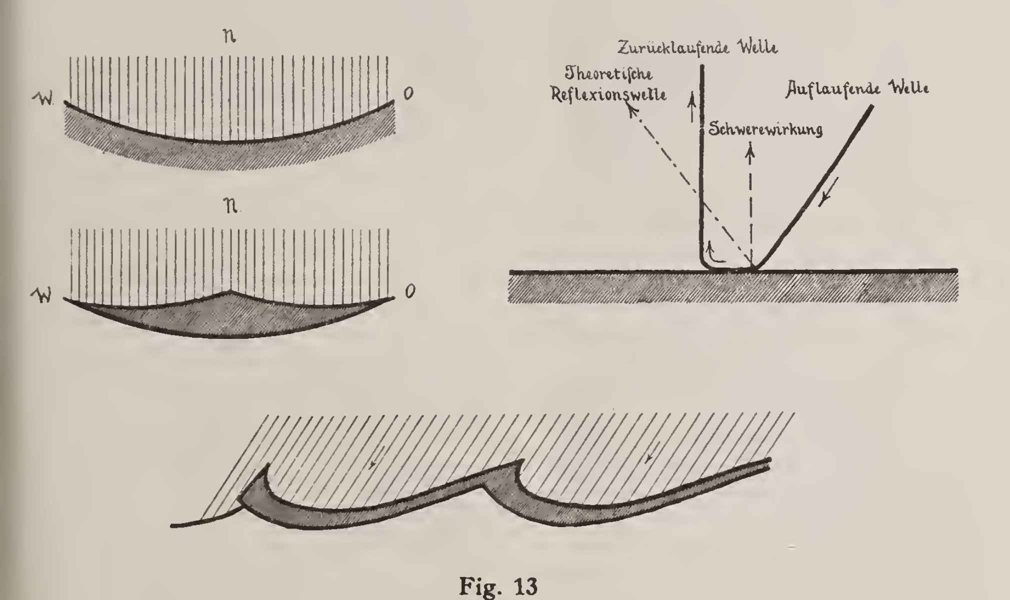


Fig. 13

Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin

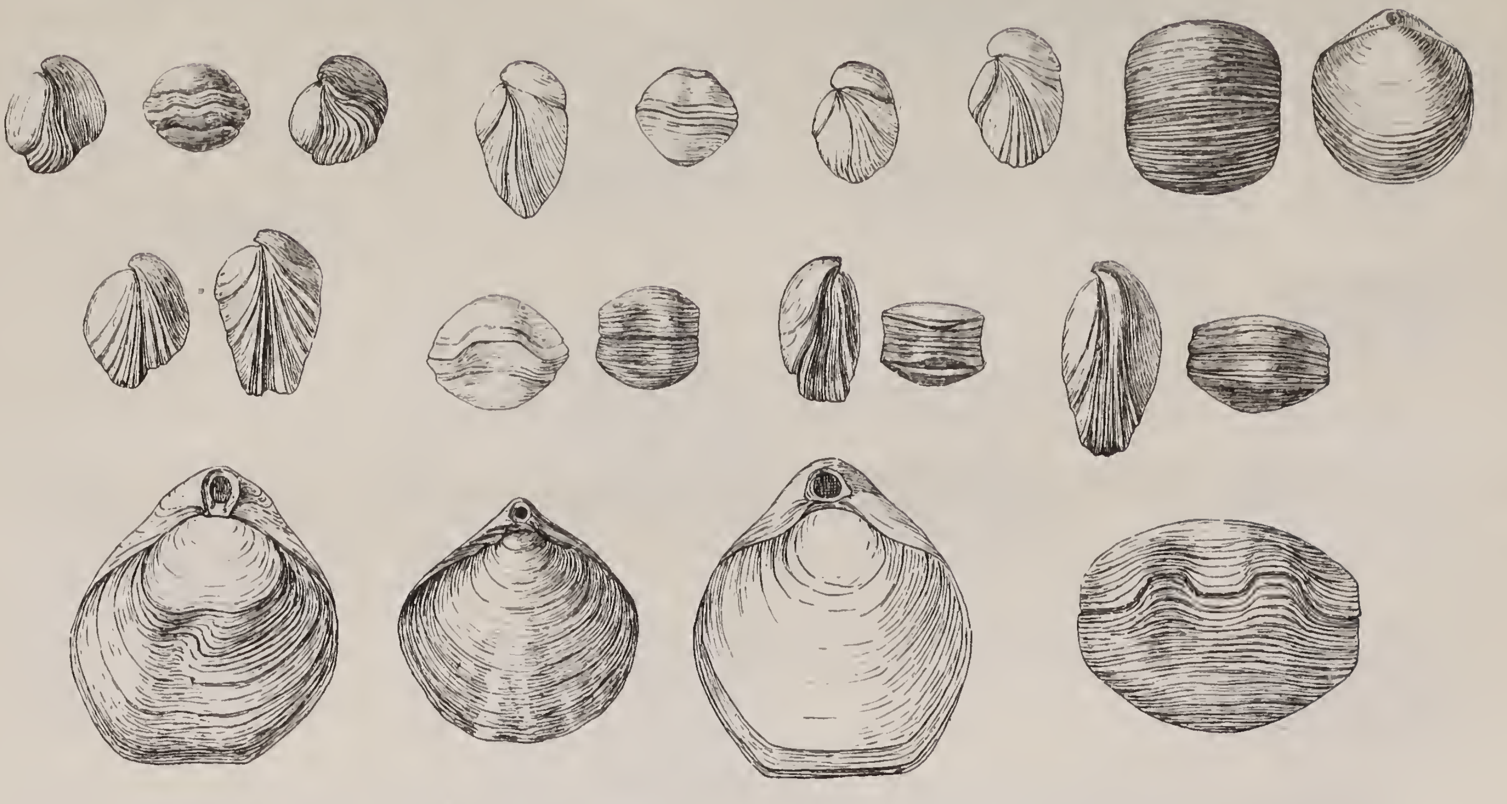


Fig. 14. Mesozoische Terebrateln, deren Schalenschlußwinkel Trockenlaufen bei Ebbe und Flut anzeigen

Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin

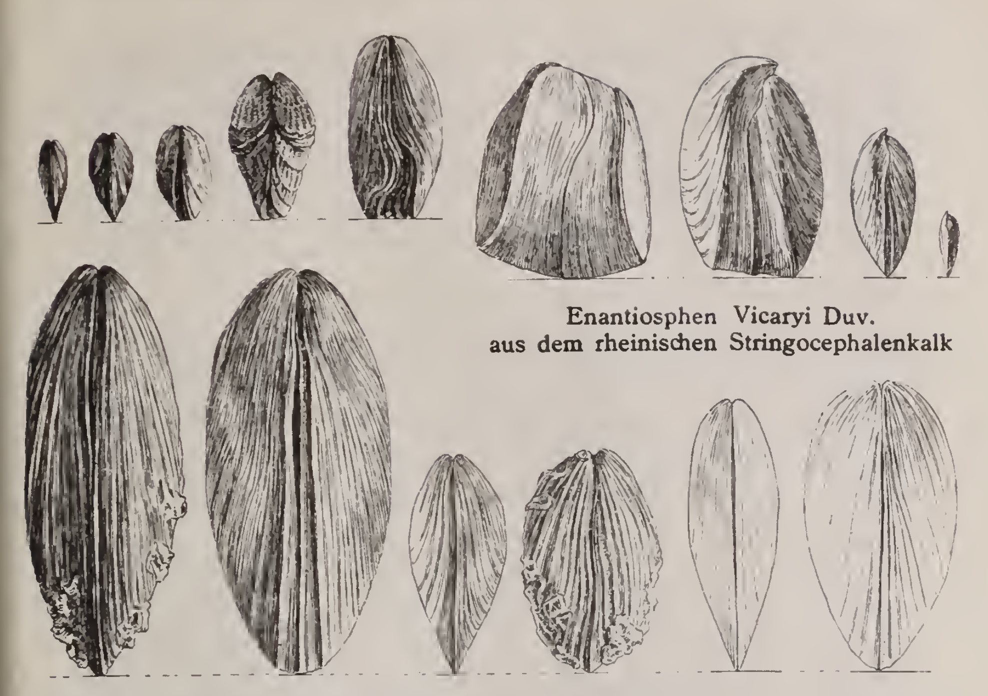


Fig. 15. Veränderlichkeit des Schalenschlußwinkels bei Mytilus- und Modiolaarten







Fig. 16. Bohrkerne.

a) Grabgänge in mittelkörnigem Neokomerz

b) Von Bohrmuscheln angebohrtes Toneisensteinfragment in feinkörnigem kalkigen Erz

c) Grabgangstruktur des Grünsands der unteren Kreide



Fig. 17. Rhörichtphosphorite aus dem Mitteloligocän von Helmstedt und aus dem Erzlager von Salzgitter



Fig. 18. Durchformung der Skulptur von Atrypa reticularis auf der Oberklappe einer aufsitzenden Crania, Mitteldevon, Eifel

Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin

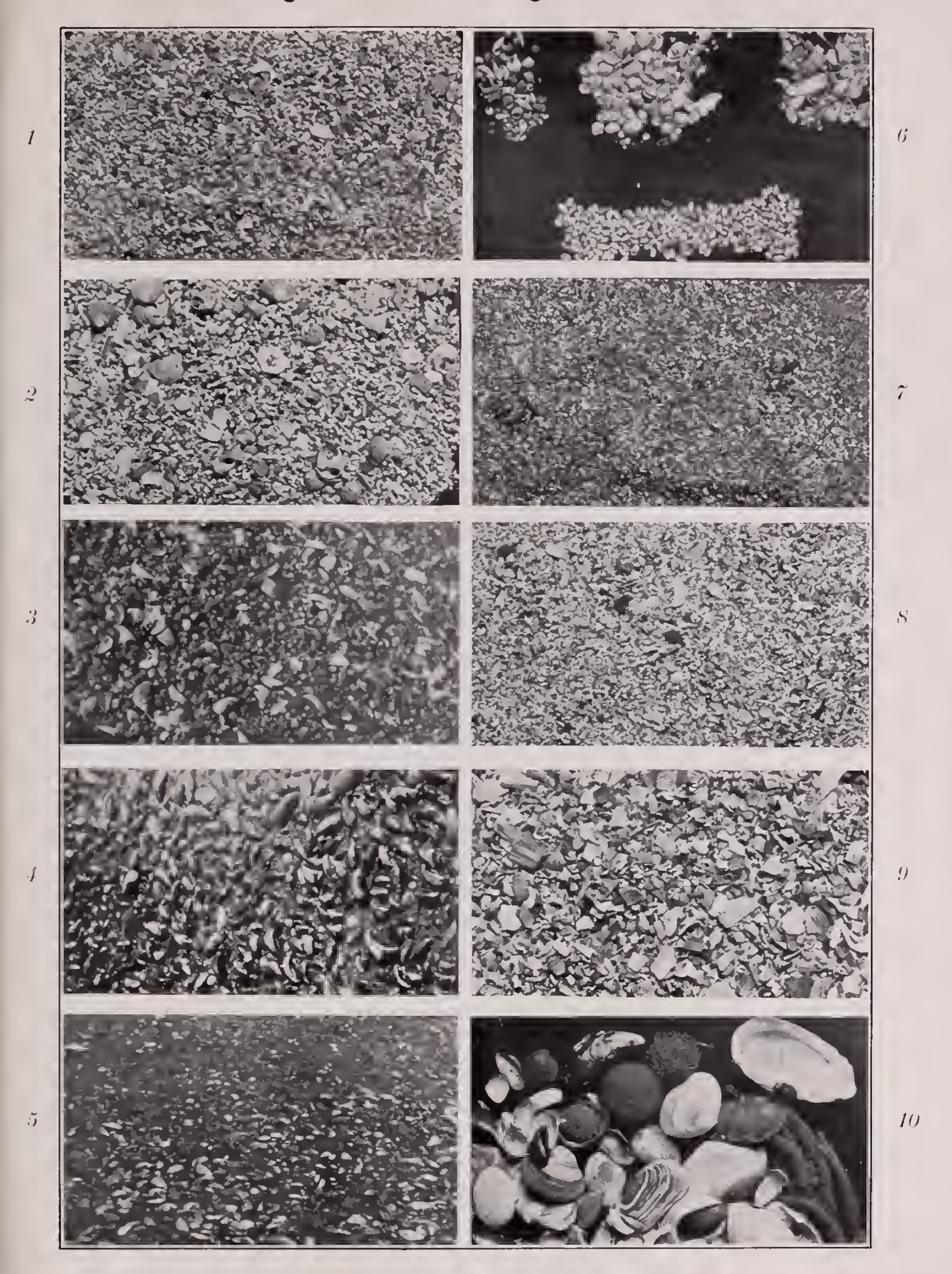


Fig. 1—5. Organismensaum der Wattküste

1. Hydrobiensaum
2. Uebergang von Hydrobienzone zum Litorinaband
3. Litorinaschüttung
4. Mytiluspflaster
5. Mya-reiche Außenzone

Fig. 6—10. Organische Klassierungen der Außensande

6. Oben Fauna aus Rippelmarks der Außensande, unten Cylichna obtusa aus Hydrobiensäumen der Wattküste
7. Feinste organische Klassierung, die dunklen Partieen sind Quarzkörner, von der Außenzone der Nordseeinseln
8. Organischer Detritus aus Rippelmarks
9. Bruchschill vom Strand
10. Schwamm-, Seeigel-, Krebs- und Muschelreste von einer Sandplate

Verlag von Gebrüder Borntraeger in Berlin W 35

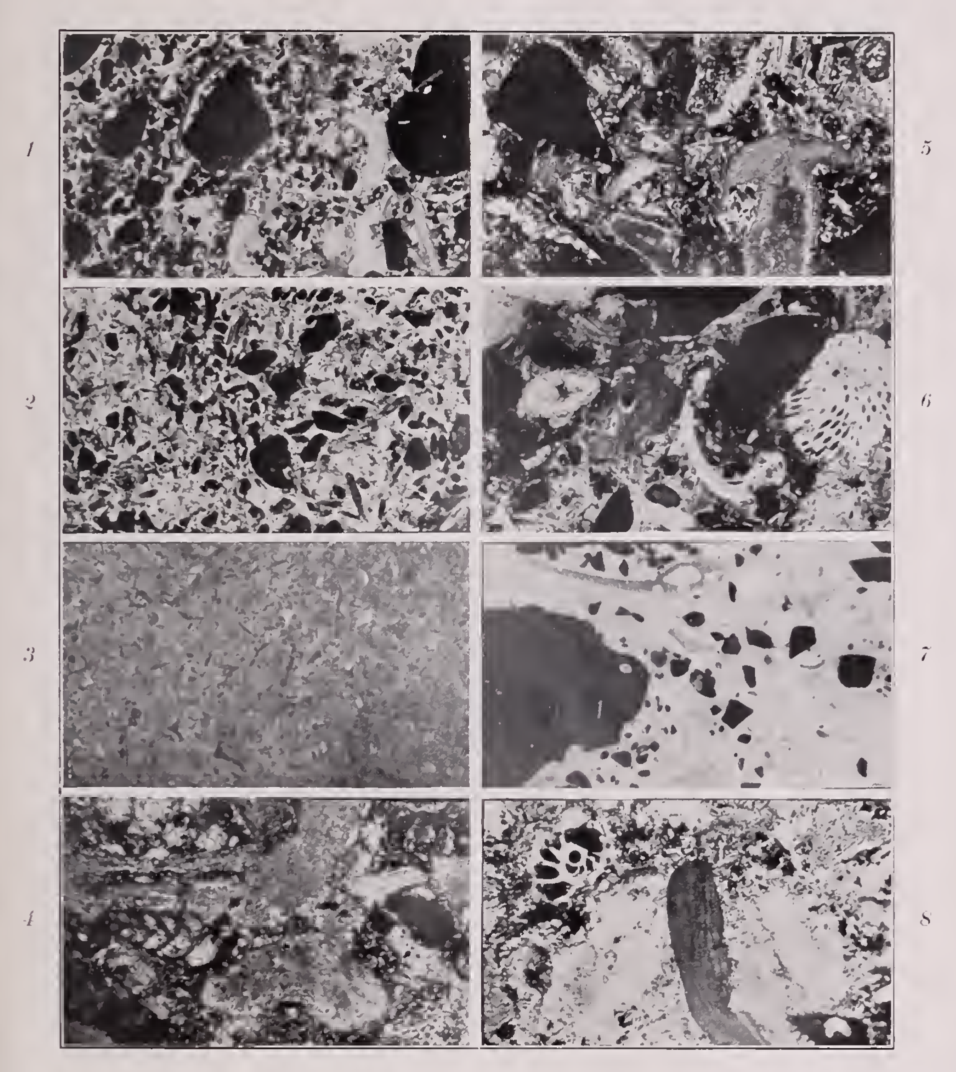


Fig. 1. Hydrobien und Schalentrümmerschüttung; davor Litorinaband
Wattküste Insel Amrum



Fig. 2. Wattstrand und Wattkliff bei einsetzender Ebbe. Organismensäume und Pflaster, Entstehung von Schlickballen und Geröllen, Wirkung der Wellenknoten und Wellenbäuche, sichtbar an der Zerlappung des Außenrandes. Amrum

Verlag von Gebrüder Borntraeger in Berlin W 35



Genaue Beschreibung zu Tafel 11 im Text

Fig. 1. Kalkiges Neokomerz, Fallstein, südöstlich Rhoden (vgr.)

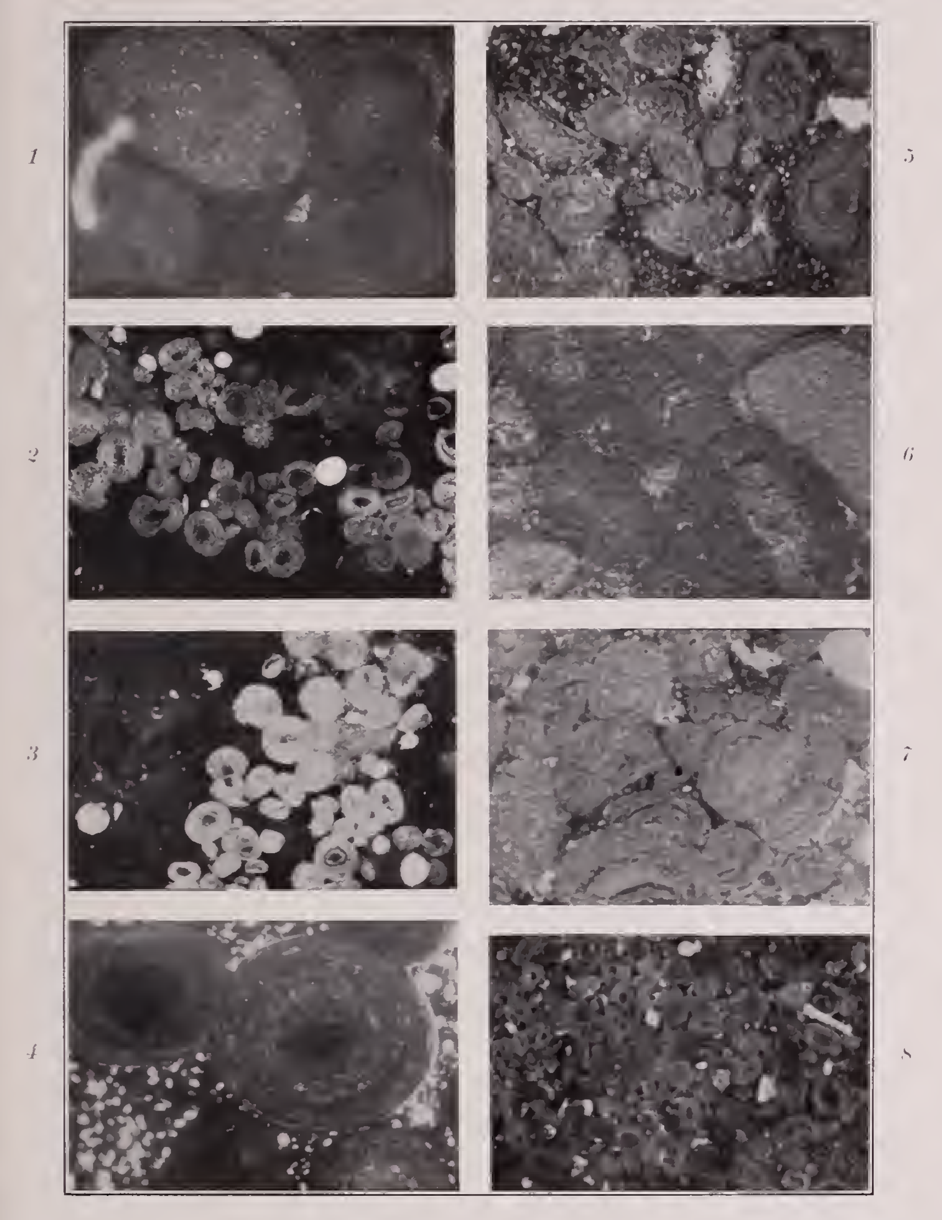
Fig. 2. Kalkiges Neokomerz, Grenzlersburg (vgr.) Westflügel des Salzgitterer Höhenzuges

Fig. 3, 4 und 8. Neokomkalk (vgr.) Westflügel des Salzgitterer Höhenzuges

Fig. 5 und 6. Kalkiges Neokomerz (vgr.) Westflügel des Salzgitterer Höhenzuges

Fig. 7. Vergleichserz vom Typus Bülten-Adenstedt (vgr.)

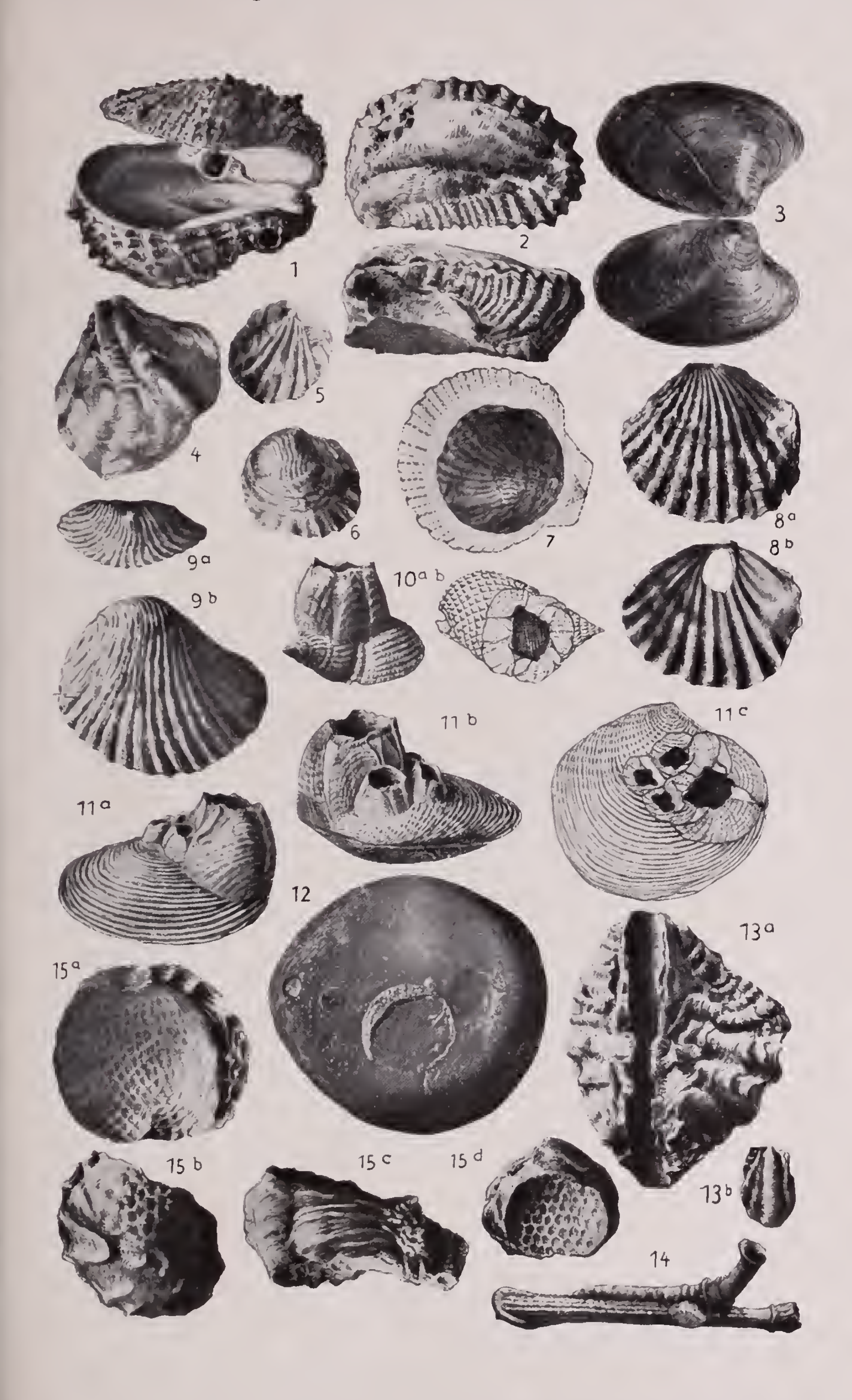
Verlag von Gebrüder Borntraeger in Berlin W 35



Oolithische Erze aus einer Tiefbohrung vom Westflügel des Salzgitterer Höhenzuges

1. Phosphorit mit dünner Eisenkruste neben Ooid
2., 3. Glanzkörniges, rotviolettgefärbtes oolithisches Lager, die Grundmasse ist kalkhaltig × 12
4. Ooide aus demselben Lager, die Grundmassenteilchen sind 1/20 mm groß × 60
5., 6., 7. Ooide und Rindenooide, darunter zerbrochene und solche, die nach der Zerlegung überrindet sind
8. Oolithische hochprozentige Partie aus einem roten Lager, meist Rindenooide × 12

Verlag von Gebrüder Borntraeger in Berlin W 35



Verlag von Gebrüder Borntraeger in Berlin W 35

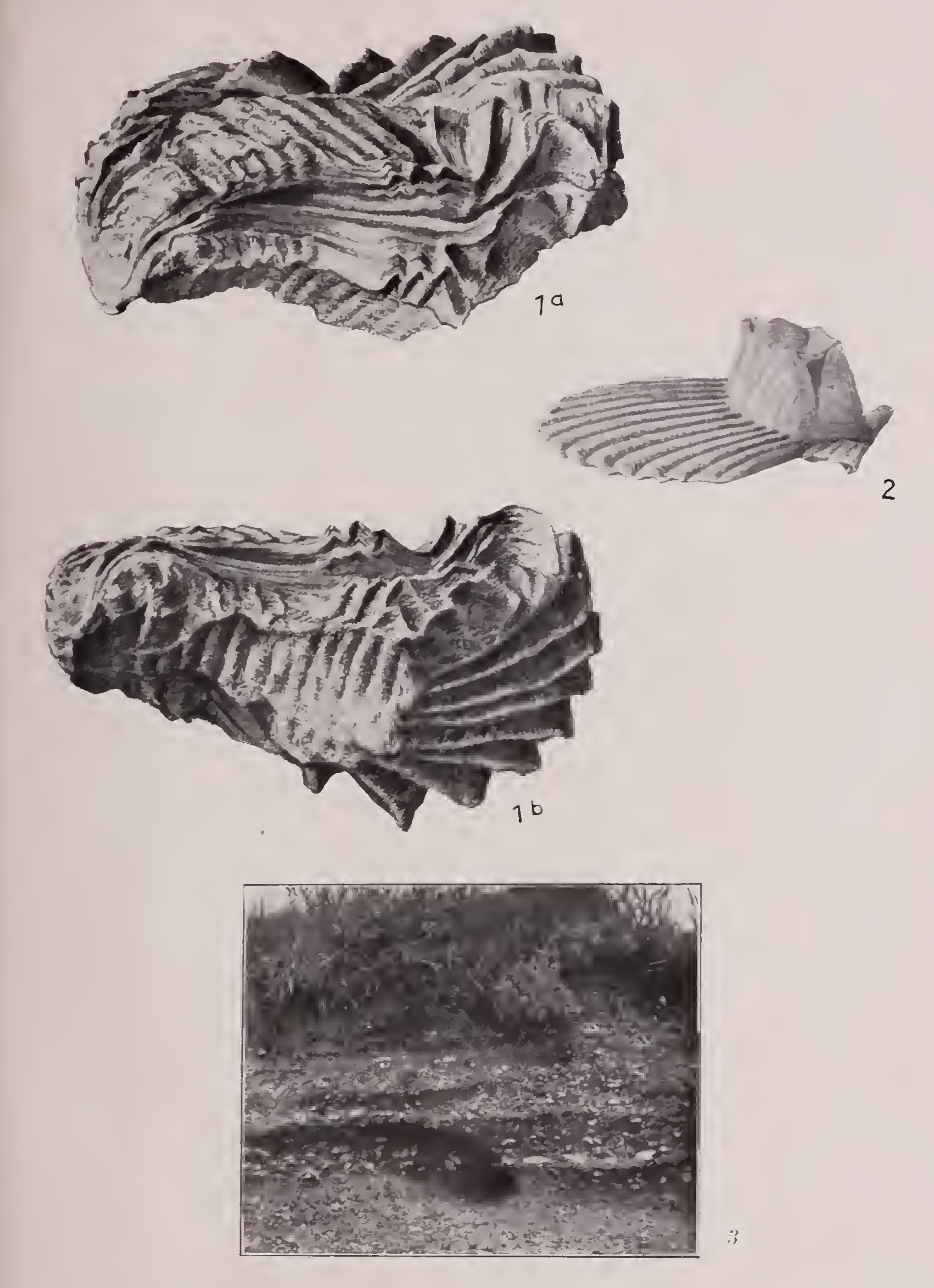


Fig. 1. Ostrea Marshi mit Durchformung von Ammonitenrippen, a) von der Seite, b) von unten. Der unabhängig vom Substrat gewachsene Teil hebt sich in scharfem Winkel empor und zeigt senkrecht zur passiven Berippung stehende Eigenskulptur

Fig. 2. Balanus balanoides Pectenrippen durchformend, Exemplare auf skulpturlosen Schnecken sind vollständig glattwandig. Atlantischer Ozean

Fig. 3. Mytilus-, Litorina- und Hydrobienlagen angeschnitten am Wattkliff; am Fuß neugebildeter Hydrobiensaum und Litorinaband

Verlag von Gebrüder Borntraeger in Berlin W 35

Fortschritte der
Geologie und Palaeontologie
herausgegeben
von **Professor Dr. W. Soergel**, Tübingen
Heft 4

Angewandte Geologie und Paläontologie der Flachseegesteine und das Erzlager von Salzgitter

von

Dr. **Johannes Weigelt**
Privatdozenten für Geologie und Palaeontologie an der Universität Halle (Saale)

Mit 74 Figuren

Berlin
Verlag von Gebrüder Borntraeger
W 35 Schöneberger Ufer 12 a
1923

„Fortschritte der Geologie und Palaeontologie"

Die Fortschritte der Geologie und Palaeontologie bilden eine Sammelstätte für Arbeiten aus allen Gebieten der Geologie und Palaeontologie, in denen nicht die einfache Darstellung neuer Beobachtungstatsachen und die nächsten aus ihnen ableitbaren Schlußfolgerungen, sondern die Entwicklung neuer Methoden, die Lösung wesentlicher Probleme im Vordergrund stehen. Eine Schilderung neuer Tatbestände ist an sich dabei durchaus erwünscht, sie soll aber eingegliedert sein in den Rahmen einer geschlossenen Argumentation. Einfache Sammelreferate bleiben ausgeschlossen. Doch sind Arbeiten willkommen, die an der Hand kritisch gesichteter und von neuen Gesichtspunkten aus beleuchteter, bekannter Tatsachen zu neuen Lösungen führen.

Innerhalb der Geologie sollen in die Sammlung auch Arbeiten einbezogen werden, die in Grenzgebieten, in der Geophysik, in der Petrographie wurzeln, sofern sie unter Zuhilfenahme geologischer Forschungsergebnisse oder überhaupt geologischer Methoden zu wichtigen allgemeinen Ergebnissen gelangen. Gerade aus den Grenzgebieten erfahren die Einzelwissenschaften erfahrungsgemäß die stärkste Befruchtung.

Aus dem Gebiet der Palaeontologie (Palaeozoologie, Palaeobotanik) sind neben Arbeiten, die sich auf breiterer Basis mit Problemen der Phylogenie, des Entwicklungsmechanismus, der Systematik, der Palaeobiologie beschäftigen, auch solche erwünscht, die an einem oder an einzelnen Beispielen neue Methoden erläutern und prinzipielle Ergebnisse ableiten.

Geologie und Palaeontologie bilden die Grundlage der ihnen durch engste wechselseitige Beziehungen verbundenen Palaeogeographie. Aus dem umfassenden Bereich dieser Wissenschaft werden sowohl regionalen als einzelnen grundsätzlichen Problemen gewidmete Darstellungen in den Fortschritten Aufnahme finden.

Willkommen sind schließlich auch Abhandlungen, die eine Klärung der Begriffe anstreben, die Fragestellungen auf ihre Möglichkeit oder Berechtigung kontrollieren, die versuchen erkenntnistheoretisch die Grenzen der üblichen Methoden und ihre Mängel aufzuzeigen. Denn die weitere Entwicklung einer Wissenschaft und der von ihr geförderten Erkenntnisse hängt nicht nur ab von

Fortsetzung auf S. 3 des Umschlages

einer ständigen Bereicherung des Beobachtungsmaterials und seiner Durcharbeitung, sondern in vielfach stark unterschätztem Grade auch von einer stetigen kritischen Überprüfung der Grundlagen, auf denen eine Wissenschaft aufbaut, der Theorien, nach denen sie arbeitet, die Arbeitsmethode und Fragestellung, ja selbst die Beobachtungen nach Art und Auswahl entscheidend beeinflussen.

Die Fortschritte erscheinen in zwangloser Folge als selbständige Hefte von beliebigem, nicht unter 5—6 Bogen betragendem Umfang. Das Honorar wird nach Vereinbarung mit dem Herausgeber festgesetzt. Jeder Autor erhält 20 Freiexemplare.

Alle Sendungen und Anfragen werden an den Herausgeber erbeten.

Die Verlagsbuchhandlung:
Gebrüder Borntraeger
Berlin W 35, Schöneberger Ufer 12a

Der Herausgeber:
Professor Dr. W. Soergel
Geologisches Institut, Tübingen